

طليف كياستر



تدقيق: المهندس محمد رشاد عيسى

# طبيعة العلوم

العلوم  
'٦'



العلوم

طبيعة الكون

---

الأشرف الفني : زهير كمو

كليف كيامستر

# طبيعة الكون

ترجمته: المهندس محمد بشير مكيته البطل

منشورات وزارة الثقافة  
في الجمهورية العربية السورية  
دمشق ١٩٩١



# THE NATURE OF THE UNIVERSE

---

طبيعة الكون = The nature of the universe / كليف  
كيلستر ؛ ترجمة محمد بشر حكمت البيطار . - دمشق : وزارة الثقافة ،  
١٩٩١ . - ٢٥٢ ص . - ٢٤٩ سم . - ( سلسلة العلوم ؛ ٦ ) .

١ - ا د ٢٢٣ \* ك ي ل ط      ٢ - العنوان      ٣ - العنوان  
الواري      ٤ - كيلستر      ٥ - البيطار      ٦ - السلسلة  
مكتبة الاسد

## فقدوة

دفع حب المعرفة الإنسان منذ القدم لتقصي أسرار الكون المترامي الأطراف مما جعله يتساءل باستمرار عن كل غرابة يشاهدها في السماء فحاول تحليل الظواهر المختلفة بما يتفق مع إدراكه . يتناول كتابنا تطور المنطق الفلكي منذ عصر اليونان ؛ حيث اقترحت مدرسة اليونان مركزاً خاطئاً للكون ظل الناس يعتبرونه صحيحاً حتى ظهور كوبرنيك . أما القفزة الكبرى فقد حققها نيوتن الذي أظهر بأن الجسم يبقى في حالة سكون أو في حالة حركة مستقيمة منتظمة ما لم تؤثر عليه قوة ما . لقد أدى ظهور آينشتاين في القرن العشرين إلى تغيير نظرة الفلكيين إلى الكون فاعتبرت قوانين نيوتن تقريبية لأنها لا تتناول مسألة تحرك الأجسام بسرعة الضوء ولا تتناول مسألة اختيار أطر مرجعة صالحة لمجمل الكون كما أنها لا تتناول أيضاً تأثير المادة البعيدة في حركة الأجسام القريبة .

لقد حاول فلكيو القرن العشرين وضع نظرية كونية شاملة توضح سلوك الكون بنقاطه المختلفة وتطور هذا السلوك ؛ فتضاربت الآراء والمقترحات . لقد بحثوا أيضاً في مسألة موت النجوم . ما الذي يصيب الشمس مثلاً ؟ إذا انتهت التفاعلات الحادثة فيها ؟ ستختفي بالطبع القوة النابذة وستسود القوة الجاذبة . فهل سيتقلص حجم الشمس إلى مدى معين أم أنه سيتابع التقلص إلى العدم .

ولا بد من الإشارة إلى أن وصول سفن الفضاء إلى خارج المجموعة الشمسية . والكشف عن أعماق النفرة ومحاولة إيجاد ما يربط بين اللامتناهي في الكبير واللامتناهي في الصغر ، تعد خطوات هامة على الرغم من أنها مهمة بالطبع في درب البحث العلمي الطويل . هذا الدرب الذي ستابعه أجيال الإنسان المتلاحقة جيلاً بعد جيل ودهراً بعد دهر .

أمل أن يصيب قارئنا العربي قنراً وافرأ من المتعة والفائدة من هذا المؤلف ويعد له جزءاً يسيراً من المعرفة نفرض بها مكتبتنا العربية .

المترجم



## الخلفية الرصدية

إن من أكثر الأشياء صعوبة في العلوم الكونية تصور المدى الواسع الذي أنشئ الكون فيه . وللمساعدة في ذلك نستطيع أن نتخيل كتاباً من الكتب كهذا الكتاب الذي بين أيدينا ولكن المقياس الذي ترسم فيه الأشياء يتناقص بمعدل قدره ١٠ من صفحة إلى الصفحة التي تليها . فلنفترض أن المقياس الذي رسمت عليه الأشياء في غلاف الكتاب هو ١ : ١ يمثل هذا الغلاف عندئذ نفسه بصورة دقيقة وعند قلب الصفحات فإن الصفحة الأولى تمثل مساحة تعادل مائة ضعف مساحتها الحقيقية ويمثل ذلك مساحة غرفة ما بصورة تقريبية . إن المقياس على الصفحة الثانية هو ١ : ١٠٠ وستكون مساحة هذه الصفحة كافية لتحتوي واجهة أحد الأبنية . ونستطيع على الصفحة الثالثة ونتيجة لتصغير المقياس بمعامل قدره ١٠ أيضاً أن نرسم حقلاً من الحقول أما على الصفحة الرابعة فنستطيع أن نرسم مسقطاً لمدينة صغيرة . وتعتبر الصفحة الخامسة مناسبة لرسم مسقط لطريق في مركز لندن . أما عرض الصفحة السادسة فيمثل طولاً مقداره حوالي مائة ميل ويناسب ذلك بصورة مريحة رسم مدينة لندن بكاملها . وستتسع الصفحة السابعة لرسم خارطة الجزر البريطانية . بدأنا تقترب من الوصول إلى الصفحات التي تمثل أبعاداً فلكية فنستطيع مثلاً على الصفحة الثامنة تمثيل كامل الأرض التي يبلغ قطرها ٧٩٠٠ ميل .

من الآن فصاعداً ستبدو الصفحات أكثر متعة فاذا قلبنا صفحة ثانية ستبدو الأرض فيها كقرص صغير ولكننا لا نستطيع أن نرى سوى الأرض لأن أقرب جيران الأرض إليها وهو القمر يبعد عنها بمقدار يزيد عن ١٠٠ ٠٠٠ ميل وفي الحقيقة فإن هذا البعد مساوٍ لـ ٢١٠ ٠٠٠ بشكل وسطي . عندما نستمر في التقلب إلى الصفحة العاشرة عندئذ نستطيع أن نرى الأرض تدور حول نفسها مرة كل ٢٤ ساعة والقمر الذي يدور حولها مرة كل ٢٨ يوماً مما يشكل منظومة مصغرة . وعندما نقلب إلى صفحة جديدة نستطيع أن نرى نظام الشمس والقمر بعشر حجمه السابق ولكننا لا نستطيع أن نرى سواهما بسبب الفراغ الكبير الذي يفصلهما عن أي جسم سماوي آخر . ويستمر هذا المنظر حتى الصفحة الثانية عشرة حيث نرى أجساماً غير مختلفة عن الأرض بمقدار كبير بتركيبها العام ، أنها الكواكب الأخرى . وتبدو لنا هذه الأجسام وكأنها تسلك طريقاً معقداً ، والسبب هو أن المقياس الذي ترى فيه هذه الأجسام غير صغير بما فيه الكفاية لينتج رؤية مداراتها الكاملة . لنُدع ذلك قليلاً ولنقلب إلى الصفحة ١٣ .

على هذه الصفحة ذات المقياس واحد إلى ألف مليون ؛ نبثديء برؤية صور فلكية ، فنستطيع أن نرى أقرب النجوم إلينا وهو الشمس الذي يبعد عنا مقدار ثلاثة وتسعين مليون ميل . وإذا وضعنا الشمس في مركز هذه الصفحة أصبح لدينا متسع من الفراغ لتمثيل مدار الأرض حول الشمس الذي تقطعه بحدود ١/٤ ٣٦٥ يوم .

إن الفرق ما بين النجم والكوكب هو أن النجم يطلق اشعاعاً كهرومغناطيسياً وبصورة خاصة على شكل حرارة وضوء وعلى شكل اشعاعات راديوية . أما الكواكب فهي أجسام خاملة نسبياً كالأرض

والقمر وهي تدور جميعاً حول الشمس بمدارات شبه دائرية وهي تقع بصورة مميزة كما سنرى فيما بعد في مستو واحد .

يستغرق عطارد وهو أقرب هذه الكواكب إلى الشمس ٨٨ يوماً ليدور حولها مرة واحدة وهو يسبح في الكون بسرعة ٣٠ ميلاً في الساعة . ولا يمكن لأبعد هذه الكواكب عن الشمس أن يرسم على الصفحة رقم ١٣ ولكننا على الصفحة رقم ١٤ ستمكن من رؤية جميع الكواكب بما فيها كوكب بلوتو أبعداً جميعاً عن الشمس إذ يصل بعده إلى ٣,٧٠٠ مليون ميل عنها ويقطع مداره خلال ٢٤٨ سنة ويسبح بسرعة ثلاثة أميال في الثانية ، الواحدة .



في منطقة صغيرة من المجرة التي تصل أبعادها إلى ١٠٠,٠٠٠ سنة ضوئية والتي هي واحدة من ملايين المجرات في الكون يقع النظام الشمسي حيث تدور الأرض حول النجم المركزي فيه بسرعة ٦٧,٠٠٠ ميل بالساعة حيث أن الأرض هي إحدى أصغر الكواكب التسعة في هذا النظام

وبالإضافة إلى الكواكب المذكورة هناك الكثير من الكويكبات السائرة بمعدلات مختلفة حول الشمس بنفس اتجاه الكواكب الرئيسية . إن عدد هذه الكتل الصخرية يتجاوز الـ ٣٠ ٠٠٠ ولكننا نعلم المدارات الدقيقة لحوالي ١٥٠٠ منها فقط .

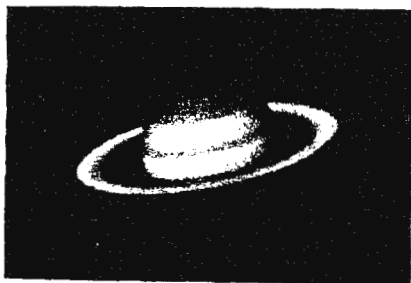


يعد بلوتو من أبعد الكواكب عن الشمس ويرى متحركاً بالنسبة لخلفية من النجوم . أما مداره فيتميز وبصورة غير عادية لأنه قطع فاقص تماماً ويقع تقريباً ضمن مدار نبتون حتى عام ٢٠٠٩ وقد ظن في وقت ما أنه أحد قوايع نبتون

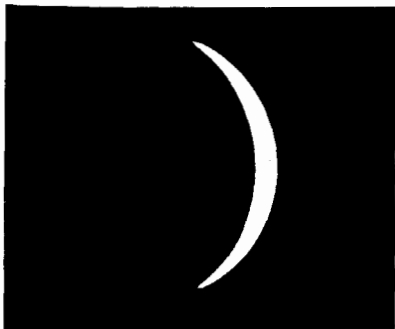
تصبح وحدة الميل هنا غير مناسبة لأن علينا أن نتعامل مع مسافات شاسعة تتجاوز ملايين الأميال وبدلاً من استخدام الأميال فإن الفلكيين يفضلون استخدام اصطلاح آخر للمسافة هو المسافة التي يقطعها الضوء خلال زمن معين . وهكذا فإن المسافة ما بين الأرض والشمس هي ثمانية دقائق ضوئية ونصف قطر مدار بلوتو ما بين خمس وست ساعات ضوئية .



يظهر في الأعلى كوكب المشتري وهو أكبر الكواكب في النظام الشمسي ويمد عن الشمس بمقدار ٥٠٠ مليون ميل وإن الأشرطة الملونة وكذلك البقعة الحمراء المشاهدة ربما كانت حاصلة بسبب الغلاف الجوي السام المؤلف من الهيدروجين والميثان والأمونيا



إن حلقات زحل ( في المركز ) هي في الحقيقة عبارة عن عدد هائل من الأجسام الصغيرة هذه الأجسام ربما كانت بللورات مثلجة أما تابعه الأكبر فهو تيتان وهو أكبر من كوكب عطارد وهو التابع الوحيد المعروف بأن له غلافاً جوفياً



إن مدار كوكب الزهرة ( في الأسفل ونحو اليسار ) يقع بين الأرض والشمس لذلك نراه كهلال لامع في اقترابه الأدنى . إن غيوماً كثيفة تغطي سطح الزهرة بما يعرف بدراسة عن قرب



إن القبة القطبية البيضاء والمناطق السوداء على سطح المريخ ( في الأسفل ) تتغير بصورة مرئية بتغير الفصول مما يعطي انطباعاً بوجود حياة على سطحه .

والآن ومن أجل الحصول على بعض الأفكار حول مقياس للمسافات لما وراء النظام الشمسي فان علينا أن نقرب بعضاً من الصفحات بعد الصفحة رقم ١٤ . فعلى الصفحة رقم ١٥ سنرى النظام الشمسي وقد انخفض حجمه إلى عشر الحجم السابق ونحن لن يتبدى لنا أي منظر حتى الصفحة الثامنة عشرة . حينئذ ستمثل مسافات تصل إلى عشر سنين ضوئية وسيقلص حجم النظام الشمسي إلى حجم بقعة لا يتجاوز قطرها واحداً بالألف من الأنش . هل ترى حينئذ نجوم أخرى بالإضافة إلى الشمس ؟ إن أقرب هذه النجوم هو الظلمان الأدنى ( Proxima Centauri ) ويبعد عنا بمقدار أربع إلى خمس سنين ضوئية أما نجم الشعرى اليمانية ( Sirius ) فيبعد بمقدار ثمان سنوات ضوئية ونصف . وهناك بعض النجوم المتوسطة الخفوت التي يمكن أن ترى بالرصد المتقدم .

وبالتقليب المتالي للصفحات نستطيع أن نرى نجوماً أكثر فأكثر حتى الصفحة الثانية والعشرين حيث نرى جميع النجوم التي ترى في ليلة ظلماء صافية ويشمل ذلك بالطبع النجوم التي تشكل الكوكبات المعروفة كبرج الدب الأكبر ( Plough ) والجوزاء ( Orion ) .

يستطيع المراقبون في جميع أصقاع الأرض وبالعين المجردة فقط أن يروا ما يقارب من ٦٠٠٠ نجم لكل منها ١٥ ٠٠٠ ٠٠٠ نجم أخفت منها يمكن اكتشافه بواسطة الرصد .

تعد الشمس نجماً من النجوم المتواضعة ، إذ يبلغ قطره مليون ميل وذلك يعادل أربعة أضعاف المسافة بين الأرض والقمر، أما كتلته فتعادل نصف مليون كتلة الأرض وتبلغ درجة حرارة سطحه ٦٠٠٠ درجة

مئوية . ونحن متأكدون من أن الحرارة في الداخل ستزداد بصورة سريعة وإلا لما تمكن هذا النجم من توليد هذا القدر الهائل من الحرارة والضوء . وفي الحقيقة فمن أجل حصول التفاعلات الحرارية النووية الضرورية ( والتي تشبه ما يحدث عند انفجار القنبلة الهيدروجينية ) يجب أن تتوفر درجة حرارة داخلية وهي . في حالة الشمس . من رتبة ١٥ ٠٠٠ ٠٠٠ درجة مئوية . وتمتلك النجوم بصورة عامة درجة حرارة سطحه تتراوح ما بين ٣٠٠٠ إلى ٣٠٠٠٠ درجة مئوية .

بالعودة إلى الصفحة رقم ٢٣ نجد أننا أصبحنا قادرين على تمثيل جوارنا من النجوم أو بالأحرى على تمثيل مجرتنا « درب التبانة » . إن شكل المجرة يشبه شكل طبقين تطابقت أحرفهما فشكلاً قرصاً اسطوانياً منتفخاً في المنتصف بسبب دوران المجرة . إن جميع النجوم التي نستطيع أن نراها بدون استخدام مرصد متقدم واقعه ضمن هذا القرص الاسطواني ويصل قطر هذه المجرة إلى ١٠٠ ٠٠٠ سنة ضوئية وسماكته حوالي ٣٠٠٠ سنة ضوئية وهي تدور ببطء حول محور يقع على بعد ٣٥ ٠٠٠ سنة ضوئية . وتستغرق الشمس زمناً قدره ٢٥٠ مليون سنة لتدور حول هذا المحور المركزي ، وفي ليلة صافية وبصورة خاصة في الريف ، نستطيع أن نرى هذه المجرة « درب التبانة » في كبد السماء ويظهر ذلك على شكل شريط أبيض متوار خلف النجوم الرئيسية ، نرى ضوءه المركز عندما ننظر باتجاه «سوي المجرة كتيحة لتأثير ملايين النجوم الموجودة فيه . إن أغلب هذه النجوم أخفت من أن ترى منفردة بالعين المجردة .

لا تتوزع النجوم توزيعاً منتظماً عبر المجرة كما أن تجمع الكويكبات المذكورة سابقاً كان جزئياً بشكل فعلي وجزئياً بشكل غير فعلي بسبب

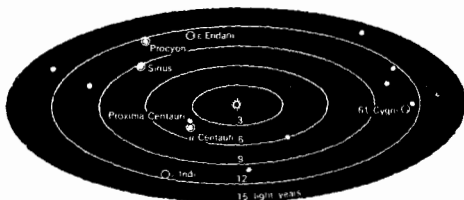
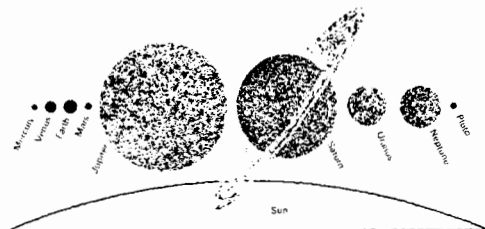


وقوع بعض النجوم على نفس خط النظر مع نجوم أبعد منها بكثير . وبالإضافة إلى هذا التوضع الزائف تميل النجوم أيضاً لأن تتوضع في تجمعات كروية . وإن أي تجمع منها يتألف من مليون أو أكثر من النجوم وبالنسبة لأي تجمع كروي فإن هنالك عدداً لا يستهان به من النجوم المفردة القريبة .

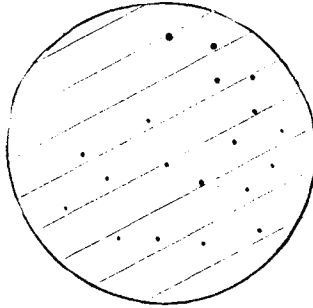
في بداية هذا القرن كنا لا نستطيع أن نقلب إلا عدداً ضئيلاً من صفحات كتاب المقاييس الذي كنا بصده . وإذا استثنينا تأملات الفلاسفة فقد كان وصف درب التبانة وكأنه التعامل مع الكون بمجملة . لنقلب الآن صفحة واحدة جديدة ! عندئذ سيظهر لنا شيء جديد وممتع – مجرة أو سديم كمجرتنا – نستطيع أن نراها في الليل في تجمع نجوم اندروميديا ( المرأة المسلسلة ) . تبدو هذه المجرة خافتة بالعين المجردة . وهذه المجرة نفس كتلة مجرة درب التبانة وهي قرصية الشكل وتتضمن آلافاً كثيرة بل ملايين من النجوم . ولكن ولحسن الحظ وبدلاً من أن تكون حافتها موجهة إلينا بحيث لا نرى إلا هذه الحافة . مما يثبتنا فقط بالشيء اليسير عنها ، فإننا نرى أن النجوم قد انتشرت في أذرع حلزونية بسبب الدوران .

دعنا نقلب الآن صفحة جديدة وهي الصفحة الخامسة والعشرون . عندئذ نرى مجرتنا والسديم في اندروميديا . وهما ليسا سوى اثنين من سبعة عشر سديماً تشكل تجمعاً يسمى بالمجموعة المحلية . تتحرك هذه السدم هنا وهناك بطريقة عشوائية تماماً . مع العلم بوجود ميل فيها للتراجع . إن بعضاً من هذه السدم مؤلف من النجوم وبعضها الآخر مؤلف ربما فقط من غاز حار . ولا يعد في الحقيقة عدم اكتشافنا لأي

نجم فيها انخفاً . كما أن الصفحتين الأخيرتين يمكن أن تعتبر إضافة  
 مذلة جرت في مطلع هذا القرن . ولعل من الأمور الأكثر إثارة حفاً  
 أن قلب صفحة جديدة وهي الصفحة السادسة والعشرون حيث  
 باستطاعتنا أن نرى أشياء تبعد عنا بمقدار أربعين مليون سنة ضوئية  
 فنرى أقرب تجمع من تجمعات السدم يتحرك عنا بسرعة ٧٠٠ ميل في الثانية ..



في الأعلى : القياسات النسبية لعدد من أعضاء نظامنا الشمسي  
 في الأسفل : عندما تمتد بأبصارنا إلى مسافة ٥ مليون سنة ضوئية فإننا نرى أقرب  
 جيران الشمس إليها . من هذه النجوم ما يمكن رؤيته بالعين المجردة منها  
 ما يمتلك درجة حرارة سطحه مساوية (٣٠٠٠ درجة أو ٤٥٠٠ درجة  
 أو ١٠٠٠٠ درجة )



عبر الطبقة المشكلة لسطح الشمس الهائلة بسيل من الطاقة المتولدة بانفجار نووي حراري مستمر في المركز تظهر البقع الشمسية وهي مناطق باردة نسبياً وتبدو سوداء أمام الغازات المتقدة

وعندما نتابع التقلب فإن أشد ما يدهشنا هو الافتقار إلى الانتظام في الكون . فضمن السدم تكون النجوم غير متوزعة بصورة منتظمة ولكنها تميل لأن تتجمع في تجمعات نجمية مختلفة . وهناك بالطبع تجمعات نجمية بمقايير أكبر مما يشكل المجرات نفسها . وحتى لو كانت السدم غير موزعة بانتظام فإنها تتجمع في مجموعات وإن مجموعتنا للحلية التي تحوي سبعة عشر سديماً يقابلها مجموعات أخرى تحوي قدراً أكبر من السدم قد يصل إلى ألف سديم .

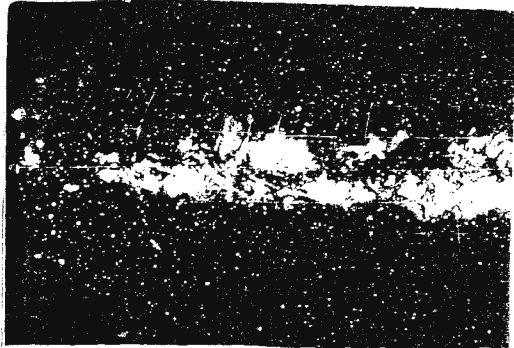
على الصفحة السابعة والعشرين نقرب من طاقة أدق المراسد ، إلى الحدود التي تتوقف عندها أدق هذه المراسد عن تقديم صور مفيدة ، وعلى هذه الصفحة وعلى بعد يقارب ٣٥٠٠ مليون سنة ضوئية ترسم الصورة التالية : لم تعد مجرتنا فريدة أو نادرة ولكنها مجرد واحدة من

ملايين المجرات الخلزونية كمجرة المرأة المسلسلة « Andromida »  
أو القوسية كمجرتنا أو التي لها شكل كرة القدم الكروية والمتطاوله  
إلى غير ذلك من أشكال غير منتظمة أبداً .

وفي الحقيقة لا يوجد حتى الآن أي دليل على أن تجمع المجرات  
هو في حد ذاته عبارة عن عنصر في تجمع أكبر . ويبدو وكأننا كلما  
توغلنا في أعماق الكون تبدت لنا تجمعات أخرى من المجرات بطريقة  
منتظمة تقريباً وما يدعو للدهشة أننا عندما نراقب السدم البعيدة فأننا  
نلاحظ أنها تبعد باستمرار عنا . ومن أجل كل مسافة قدرها مليون  
سنة ضوئية تزداد سرعة التراجع بمقدار ١٥٠ ٠٠٠ ميلاً في الساعة .  
وهكذا توصلنا الصفحة ٢٧ إلى حدود المشاهدة البصرية لأن الضوء  
القادم من الأجسام البعيدة عليه أن يخترق الغلاف الجوي للأرض حتى  
يصل إلى مرصدنا . وعندما تكون هذه الأجسام بعيدة جداً عنا سيكون  
من الصعب علينا تمييز أي شيء بسبب تداخل الضوء القادم من هذه  
النجوم مع الضوء الذي يسببه الغلاف الجوي للأرض .

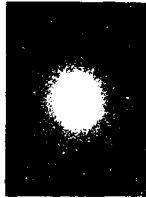
وهكذا فلا توجد بالنسبة للمراصد البصرية أية امكانيه لتقلب أي  
صفحات جديدة بعد الوصول إلى الصفحة رقم ٢٧ . ربما كان على  
الإنسان أن يضع مراصده البصرية المتقدمة خارج الغلاف الجوي للأرض .  
وقد تكون هذه المراصد مركبة على توابع دائرة في فلك الأرض .  
وفي الحقيقة فمن الطبيعي عدم جدوى استخدام المراصد قليلة القدرة .  
ويحتاج المرء إلى مناظير لا تقل فتحتها عن ٢٠٠ انش ( كمرصد ماونت  
بالومار - Mount Palomar - في كاليفورنيا ) إن الضوء ليس  
الوسيلة الوحيدة التي يمكن استخدامها اليوم في رصد الفضاء الخارجي .  
فلقد ذكرنا من قبل أن النجوم ، إضافة إلى إطلاقها ضوءاً وحرارة .

تطلق موجات راديوية . هذه الموجات الراديوية القادمة من الفضاء  
اكتشفها جانسكي ( K.G. Jansky ) عام ١٩٣٢ ولكن لم يكن  
بمقدوره تحديد مصدرها .

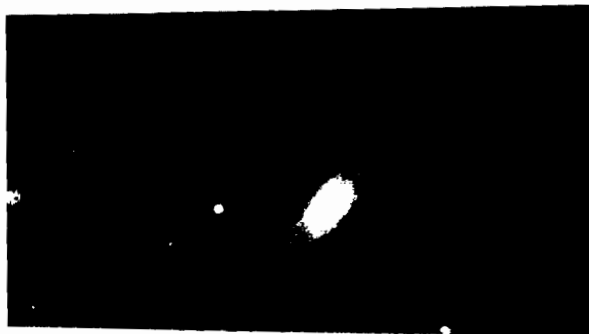


يمثل هذا الشكل منظرًا في مجرة درب التبانة التي ينتمي إليها نظامنا الشمسي، كما تبدو على  
الصفحة رقم ٢٣ من كتابنا ذي المقاييس المتزايدة تظهر في الشكل مصادر اصدارات الهيدروجين.  
كما تظهر التجمعات النجمية المفتوحة كذلك النجوم الفتية والنجوم العاتية. وقد رسم هذا  
الشكل أول مارسم بدلالة ٧٠٠ نجم مملوءة الاحداثيات ثم أضيفت اليه بقية النجوم بدلالة صور  
فوتوغرافية ويلاحظ في هذه الصورة وفي أقصى اليسار وتحت المركز مع الثريا وسديم المرأة  
المسلسلة أما المناطق المظلمة في يسار المركز فتمثل غيومًا غامضة في كوكبه الدجاجة وفي برج العقاب  
وبالانحاء نحو اليمين ونحو الأسفل نجد نجوم ماجلان . أما فوق درب التبانة فتقع الشئرى  
اليسانية والجوزاء .

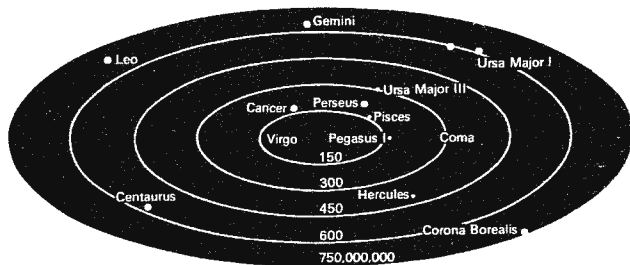
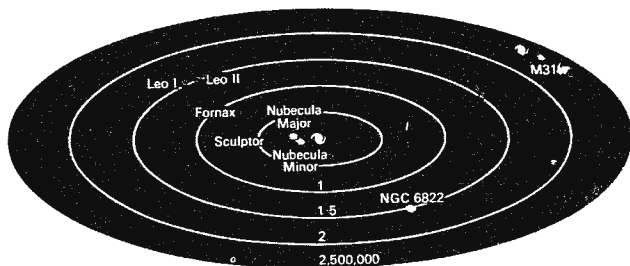
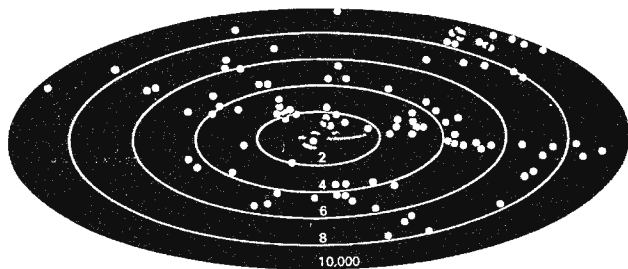
إن التعمين الدقيق لمصدر هذه الموجات يتطلب قدرأ كبيرأ من التقدم  
 التقني في مجال الإلكترونيات ولم يتم ذلك إلا خلال الحرب العالمية  
 الثانية عندما تمكن هاي وبار سونس وفيلبس ( J.H.Hey, sj Parsons, )  
 ( J.W.Phillips ) من إيجاد مصدر كثيف للإشعاعات في كوكبة  
 الدجاجة ( The constellation Cygnus The Swan ) في الحفيفة  
 كان مصدر الاشعاعات هذا أول المصادر المكتشفه ولكنه اليوم ليس  
 وحيدأ فقد تم تصنيف آلاف المصادر .



إن التجمعات الكروية كالتجمع المرسوم عل الشكل و الموجود في كوكبه سنطوروس  
 و الظلمات و تتألف من عشرات الآلاف من النجوم القريبة من بعضها . إن التجمع  
 المحلي ، وهو تجمع من السدم المحيطة بدرب التبانة والتي تقع في أقصى حد  
 يمكن رؤيته بالعين المجردة ، يحري مجرات متعددة كمجرة المرأة  
 المسلسلة



إذا تجاوزنا بأبصارنا ما وراء المجموعة المحلية نجد تجمعات أخرى من المجرات بعضها كبير ويزيد عدده عن ٤٠٠ وبعضها متوسط وبعضها صغير كمجرتنا لا يتجاوز تعداده ١٠٠ . إن جميع هذه المجرات تتراجع عنا بسرعة مقدارها ١٠ ثبات الأميال في الثانية

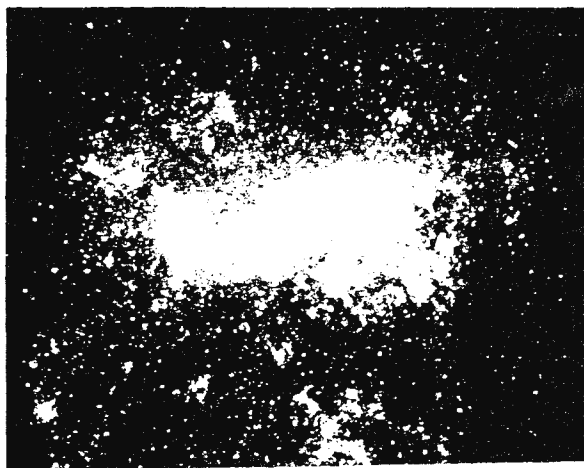
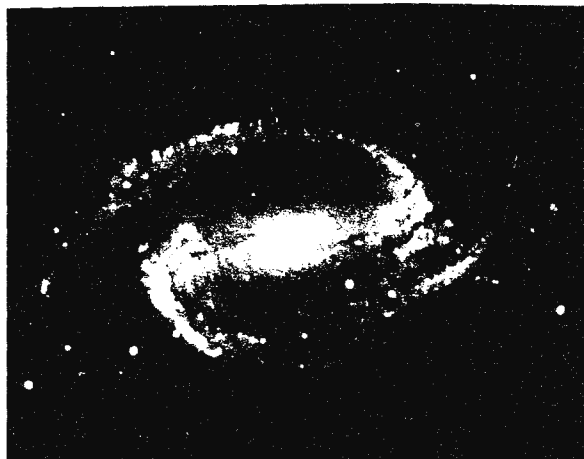




ومن المدهش حقاً أن مصادر الإشعاعات الراديوية قد بدت للوهلة الأولى مستقلة عن مصادر الإشعاعات البصرية وكأن هنالك كوناً مستقلاً يمتلك نجومًا ضوئية متداخلاً مع كون من المصادر الإشعاعية . لقد عين بولتون ( Bolton ) أول نجم راديوي وهو مصدر موجود فيما يسمى ببرج السرطان الذي هو موضع أهمية بالنسبة للفلكيين حيث ظن هؤلاء بأنه يمثل بقايا انفجار النجم الذي لاحظته الصينيون عام ١٠٥٤ . وبالطبع لما كان هذا الانفجار قد جرى في مكان يبعد ٥٠٠٠ سنة ضوئية فأننا نستطيع القول بأنه قد تم فعلاً بحدود سنة ٤٠٠٠ قبل الميلاد . بالاستناد إلى السجلات في الصين كان هذا الحدث حدثاً كبيراً فقد رؤي في وضوح النهار واستمر لبضعة أسابيع وبقي مرئياً بالعين المجردة في الليل لعدة أشهر إلى أن تَحَمَدَ تدريجياً ولكن السديم ما زال يبدو كبقايا مادة متفجرة مضية .



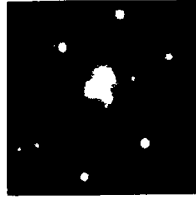
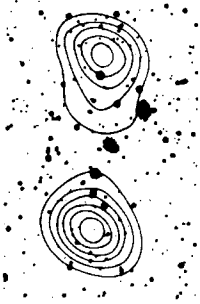
صنف هابل في عام ١٩٢٥ السدم في ثلاثة نماذج حيث يحوي النموذج الأول سماً تقارب الدائرة أو القطع الناقص في الشكل ويضم هذا النموذج ألمع المجرات وأكثرها كتلة ويقدر عمر هذه المجرات بحوالي أربعمائة مليون سنة أما النموذج الثاني فيحوي سماً حلزونية ويضم أكثر من ثمانين بالمائة من المجرات المصنفة والمجرات الطيفية كمجرة درب التبانة مثلا أو المرأة المسلسلة . وفي النموذج الثالث تأخذ السدم شكلا غير محدد وغير مفهوم كقيمة ماجلان.



لقد اكتشفت الغرابة مصادر الاشعاع الأولى المكتشفة وكان هنالك جدل كبير فيما إذا كانت هذه المصادر تقع ضمن المجرة أو خارجها وبدا وكأن قديراً كبيراً من هذه المصادر يقع في مستوى مجرتنا ، أي مجرة درب التبانة : وقديراً كبيراً أيضاً لا يقع ضمنه . وقد حلت هذه المسألة في النهاية عندما تبين أن هنالك نوعين من المصادر الراديوية بعضها يقع ضمن المجرة والبعض الآخر يقع خارجها . ازداد لغز مصادر الإشعاع من خارج المجرة تعقيداً بسبب قوة اشعاعاتها الواصلة إلينا على الرغم من البعد الهائل الذي يفصل هذه المصادر عنا . إن مصدر الإشعاعات الذي تم اكتشافه في البدء يقع في كوكبة الدجاجة وقد تم تعيينه بدقة من قبل فلكي جامعة كامبريدج - Cambridge - كما تمكن الراصدون من مرصد ماونت ويلسون ( Mount Wilson ) في كاليفورنيا من ربطه باثنين من السدم التي يمكن أن ترى بالطرق الضوئية . وقد ظن بعد ذلك أن هذين السديمين قد تصادما وأن الاشعاعات الراديوية صدرت بسبب الظروف الفيزيائية العنيفة للتصادم . وفي الحقيقة فإن وقتاً كبيراً قد بذل بحثاً عن مجرات متصادمة كما تم التعرف على عدد من النجوم الأخرى الواقعة ضمن مجرة واحدة .

إن القدر الهائل من الطاقة الذي يأتي من خارج المجرة ظل بالنسبة لنا سرّاً كبيراً . وبالفعل فإن ذلك أصبح أكثر ارباكاً في السنوات الأخيرة نظراً لأن بعضاً من هذه المصادر كان صغيراً إلى حد كبير وبعضها كان متحولاً أي أن الضوء القادم منها أو بالأحرى الاصدار الراديوي يزداد وينقص في فترات مختلفة وفي انون محدد ، يستبعد أن يكون هذا الاصدار المتحول ناتجاً عن جسم كبير كالمجرة وبالتالي فهو ناتج عن نجم أو جسم أصغر ، ولكن مقدار الاشعاعات المتولدة

يفيض بمقد كبير عن مقدار المتولد بالطرق الحرارية النووية في مادة قياسها النجم . نحن مرغمون على إيجاد مصادر أخرى للطاقة نستطيع أن تبقي الاشعاعات الراديوية مستمرة ، هذه المصادر هي النجوم نزائفة الكوزارات « quasars » التي جرى حولها جدل كبير في السنوات الأخيرة .



يقع ثني أشد المصادر الراديوية قوة في كوكبة الدجاجة ويرى في الشكل الأيمن جسم مضاعف ينتهي إلى هذه الكوكبة  
إن المجرة المرئية تقع ما بين منطقتي إصدار راديوي حيث يمثل الشكل الأيسر خطوط تساوي الشدة حيث يلحظ ازدياد الشدة عند الاتجاه نحو المركز

وهكذا فإن الرصد الاشعاعي عمق من مدى معرفتنا وجعلنا قادرين على تغطية صفحة جديدة في الكتاب التخيلي المطالع . نيلو قريين الآن من النهاية . فعل الصفحة الثامنة والعشرين نرى أجساماً يبتعد بعضها عنا بسرعة قريبة من سرعة الضوء وسنرى فيما بعد أن هذا مؤشر بأننا لا نستطيع الاستمرار بسبر أعماق الكون بواسطة الرصد .

## مقياس الزمن :

لقد بحثنا حتى الآن في موضوع التوزيع الفراغي للمادة في الكون وبقي أن نضيف شيئاً عن مقياس الزمن . فقد قدّر آرشيوبوش اوشر - Archbishop ussher - ( ١٥٨١ - ١٦٥٦ ) أن خلق الكون قد تم في عام ٤٠٠٤ قبل الميلاد وذلك بالاعتماد على انجيل « العهد الجديد » ولكن المؤرخين فيما بعد قدروا أن بناء مدينة اور - Ur - القديمة قد تم منذ ثمانية آلاف عام على الأقل أي أن حالة الأرض في ذلك التاريخ كانت كمحالتها اليوم . أما الأبحاث الجيولوجية الحديثة فتظهر وبشكل مؤكد أنه يلزم الأرض ٤٠٠٠ مليون سنة على الأقل حتى تصل إلى حالتها الجيولوجية الراهنة . وفي الحقيقة فإن الفلكيين يعتقدون بأن العمر الحقيقي للأرض هو من رتبة ٤٠٠٠ إلى ٥٠٠٠ مليون سنة . أما العمر العام لنجوم مجرتنا فهو بشكل عام بحدود ٦٠٠٠ مليون سنة وهذا التخمين في الواقع قابل للزيادة .

إن مشاهداتنا الحالية في الحقيقة لا تخبرنا بأي شيء مما يمكن أن نراه فيما إذا كنا قادرين على الانتقال إلى نقطة ما في الماضي ولتكن ٤٠٠٠ مليون سنة . إن الكون في الوقت الحالي يتوسع وكثير من الناس يشعرون بأنه إذا عاد الزمن للوراء كما في حالة الشريط السينمائي ، حيثند سينكشف للمرء بأن المادة ستأخذ شكلاً أكثر تركيزاً مما يوحي بأن التوسع الحالي هو استمرار لانفجار أصلي . تبدو هذه الطريقة البسيطة بالنظر إلى الأمور جذابة لأنها لا تفترض أموراً غير مرئية وهو تعميم ينطوي على بعض المخاطرة في الحقيقة . سنرى في الفصول اللاحقة بأنه من المنطقي أن نتناول وجهات نظر مخالفة لما رأيناه منذ أمد بعيد .



متى حارب الكون سقدر ارشيشوب اوشربأن ذلك قد تم في عام ٤٠٠٤ قبل الميلاد ولكن  
مدينة اور السومرية التي شيدت منذ ٨,٠٠٠ سنة تدحض مثل هذا الرأي . إن  
تقديراتنا الحالية تشير إلى فترة تجاوز السه الاف مليون سنة



منذ أقدم العصور رأى الإنسان في ظلمة السماء ما يشبه الحيوانات والمراكب والسفن ،  
 ومنذ أقدم العصور أيضاً استخدم الأسماء السماوية في تقدير الأزمان والاتجاهات .  
 ولا تزال الأبراج وهي مقطع السماء الذي يبدو كأن الشمس تتحرك خلاله  
 تستخدم في تحديد مواضع النجوم

## المكان والزمان من عصر اليونان إلى عصر نيوتن

لقد حرص الفصل السابق على تقديم مؤشر مختصر عن مدى معرفتنا الحالية في علم الفلك . لنحاول الآن . وبدلاً من القبول بجميع ما يطرحه العلماء . أن نقصي مصادر المعرفة السابقة لنطلع على تطور هذا العلم .

### نجوم النجوم والفلسفات القديمة :

تمنح مطالعة السماء في الليل الإنسان العادي خبرة متجددة وفي الأيام الخوالي كانت السماء ترى واضحة جلية قبل أن تخرب الصناعة صورتها . إذا اتجهنا إلى الريف مثلاً في ليلة مظلمة صافية ترسم أمامنا صورة لامعة تحتوي على نقاط أو نجوم ساطعة تشكل نماذج مقنعة يطالع المرء فيها صوراً للحيوانات أو المعارك أو لأي شيء يريد . وأكثر من ذلك فعندما يخرج الإنسان كل ليلة وخلال ليال متعاقبة وفي نفس الوقت فيلاحظ بأن النماذج التي شاهدها في المرات السابقة تتبدل وسيجد بأن جعل الصورة التي يراها تنور ببطء . وفي الحقيقة فإن « حركة النجوم » تلك قد قادت الرجال الأوائل إلى مسألة فلسفية صعبة تكنف العلوم الكونية . إنها مسألة التغير .

كيف يمكن للشيء أن يتغير دون أن يفقد ذاته ؟ يبدو وكأن نماذج



النجوم في السماء لا تتغير على الرغم من أنها تغير مواقعها . إن مراقبة السماء تعطي فكرة عن حركة الأرض والنجوم عابجها اليونان وفقاً لنظرياتهم عن الكون . وحتى قبل مجيء سقراط كانت لدى اليونان أيضاً فكرة جميلة عن الكون طرحها تالس—Thales—(٥٥٠—٦٤٠ ق.م).



يتمثل كون تالس في أرض منبسطة طافية فوق الماء . ويبدو في الشكل أرخميدس في الوسط وسوله العناصر الثلاثة الأخرى ، التراب والنار والهواء . أما في الأعلى وعبر السماء فتتحرك الأبراج

أما فكرته فتتص على أن الأرض تعوم فوق الماء كسفينة تتقاذفها الأمواج مما يسبب الهزات الأرضية أما العالم أناكزيماندر (Anaximander) (الذي عاش في الفترة الواقعة ما بين ( ٥٤٥ - ٦١١ ق . م ) فقد بدل ذلك إلى نظرية أكثر علمانية وجمالاً من النظرية الأولى حيث

اعتبر الأرض جسماً ثابتاً في الفضاء تحت تأثير القوى المتوازنة للجسام متساوية البعد عنه والمحيطه به . هذه الفكرة الثورية جعلت فيما بعد فكرة فلك كوبرنيكس ( Copernicus ) بأن الأرض تدور حول الشمس ، ثابتة ممكنة . لقد قادت نظرية أناكريماندر واضعها وبسبب اتقانها إلى مسألة التغير .

بالطبع لن نفهم أبعاد هذه المشكلة وصعوبتها بالنسبة للذين سبقوا سقراط لأننا نترعرعنا منذ الطفولة في نفس الإطار الفلسفي الحالي ولا يجب أن نستغرب كيف أن بارمينيدس - Parmendes - اقتنع بعدم وجود التغير واعتبر التغير مجرد مظهر يراه الناس وأن هذه الحركة ( تغيير المواقع ) غير ممكنة . يتعارض هذا الاستنتاج بالطبع مع الوقائع . أما ديمقريطس وهو عالم عاش في الفترة الواقعة ما بين ( ٣٧٠ - ٤٦٠ ق.م ) فقد درس هذه المسألة مبتدئاً بحقيقة الحركة فقال بأن العالم مؤلف من أجزاء وهذا العالم لا يمكن أن يكون مليئاً ( مخالفاً بذلك رأي بارمينيدس ) . ونظراً لأنه غير مليء فإن هنالك فراغاً ما بين الأجزاء . والأجزاء محد ذاتها غير متغيرة . هنا التزم ديمقريطس برأي بارمينيدس ولكنه طبقها فقط على « الأجزاء » . فالتغير الحاصل في رأيه هو نتيجة لاعادة توزيع « الذرات » في الفراغ . لقد ظلت نظرية ديمقريطس - Democritus - متأرجحة حتى السنوات الأولى من هذا القرن ، حيث اعتبر ديمقريطس « الذرات » صغيرة وغير مرئية لتتفق نظريته مع الملاحظة . وفي الحقيقة فإن من المستبعد أن يكون هذا الإنسان أول من ربط التغيرات في السماء مع الظواهر المحلية أو أول من رأى اتحاداً ما بين المادة في مقياسين أحدهما كبير والآخر صغير . إن مثل هذا الارتباط ما يزال موضوعاً شائكاً حتى أيامنا هذه .



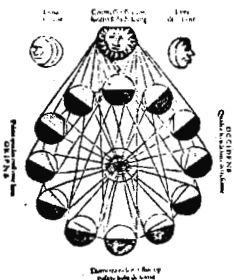
يمثل الشكل جملة مركزها الأرض وضعها قدام فلاة اليونان . تدور الشمس حول هذا المركز على مسار قطع ناقص ويرتبط الكون بالجملة بواسطة كرة دائرة من النجوم

لنعد إلى نماذج النجوم فنجد أن من الطبيعي الافتراض . على الرغم من البرهان فيما بعد على بطلان هذا الافتراض أن حركة النجوم ناشئة عن تثبتها بكرة سماوية دائرة مركزها الأرض . في الحقيقة فإن هذه النظرية تفسر حركة كامل النموذج بالنسبة للرؤية ولكنها لا تفسر عدم دوران النقاط الضوئية اللامعة التي ترى في الليل باتجاه واحد .

إن الجملة المذكورة هنا ( نظرية الغلاف الكروي ) نعرف بنظام بطليموس في أبسط صورة . وهذه التسمية في الحقيقة هي تسمية مضللة وهي تمثل قمة علم الفلك عند اليونان ولكنها وصلتنا عبر كتاب المجسطي لبطليموس ( حوالي سنة ١٥٠ ب.م ) .

لقد اعتبر اليونان أن هنالك كرتين سماويتين داخلية وخارجية . أما الكرة السماوية الداخلية فترتبط بالإنسان والكرة السماوية الخارجية

تخص النجوم وبين هاتين الكرتين توجد الشمس ويوجد الفراغ . أما خارج الكرة السماوية التي ثبتت عليها النجوم فلا يوجد أي شيء . إن الكرة السماوية التي ثبتت عليها النجوم تدور بثبات مرة كل ٢٣ ساعة و ٥٦ دقيقة حول محاور ثابت أما الشمس فبالإضافة إلى دوراتها حول محورها تدور باتجاه الشرق على مسار يسمى « المسار الظاهري لحركة الشمس - ecliptic » تقطعه خلال ٣٦٥ يوماً وربع وتميل عن خط الاعتدال - equator - بمقدار ٢٣.٥° .



يشرح هذا المخطط الذي رسمه في القرن السادس عشر أطوار القمر وفقاً للجزء الساطع منه كما يترأى لعين ناظر في الأرض

إن التوضعات المختلفة للنجوم حسبما نرى من خطوط عرض مختلفة على الأرض يمكن أن تشرح وفقاً للترتيب السابق . إن بإمكان هذا الترتيب تفسير حادثتي الليل والنهار وحادثة تغير الفصول وكذلك حركة النجوم في الليل . وفي الحقيقة فإن هذا النموذج استخدم وقتاً طويلاً في تعليم الملاحة والمساحة وما يزال . ولكن هنالك عقبة تنفي

صحة هذا الترتيب ولا يجد لها هذا الترتيب تعليلاً . هذه العقبة هي الكواكب وترى كيف ضوئيه ذات حركة غير منسجمة مع ما ذكر . وفي الحقيقة فإن الكواكب بالنسبة للعين المجردة نجوم كثيرها ولكن حركتها تختلف . فعند مراقبه هذه الكواكب يلاحظ للوهلة الأولى بأنها تتبع بوضوح وبصورة تقريبية حركة النجوم الأخرى نحو الغرب ولكنها تتبع أيضاً حركة اضافيه نحو الشرق إذا ما قورنت بالنجوم . مما يجعلها تتم دوراناً كاملاً ثم تعود إلى وضعها الأصلي اذا ما قورنت بالنجوم أيضاً ( ويمكن عندئذ أن يفسر ذلك وفقاً لنظرية الكرتين السماويتين القائلة بأن الكواكب تتحرك في الفراغ الكائن بين الأرض والنجوم ) ولكن ذلك سيزيد الأمر سوءاً .

لقد لاحظ الإنسان القديم بين هذه الأجسام جسماً يدور على مساره بشكل أسرع وأقل ثباتاً مما تدور الشمس إنه القمر . وطور القمر هو من أقدم التقاويم المعروفة لأنه سهل الرؤية ولكنه غير عملي لأن الفترة الفاصلة بين طورين متتابعين قد تكون ٢٩ أو ٣٠ يوماً . في الحقيقة لقد مرت أعوام كثيرة قبل أن يتم تعيين عدد أيام شهر معين عن طريق نظرية رياضية .

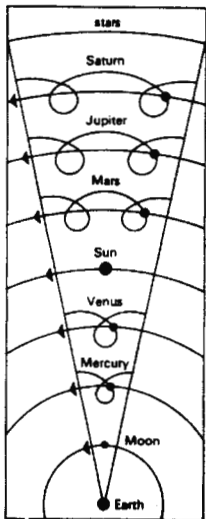
إن فترات الدوران الكاملة للكواكب ، كالمشتري والزهرة والمريخ وعطارد وزحل ، تختلف فيما بينها . وأكثر من ذلك فإن دورة خاصة لأحد الكواكب على مداره قد تكون أسرع من الدورات الأخرى . وإن من أسوأ الأمور أن دوران الكواكب نحو الشرق بصورة عامة يتقطع خلال فترات منتظمة بحركة « تراجعيه » نحو الغرب ويلاحظ ازدياد اللمعان خلال هذه الفترات . وعلى سبيل المثال فإن المريخ عندما يواجه الشمس يكون أشد الأشياء لمعاناً في سماء الليل باستثناء القمر والزهرة . ومن أجل شرح الحركات المختلفة للكواكب افترض اليونان

وجود سلسلة من الكرات السماوية المتحركة كما لو كانت متشابكة  
 ويعزى ذلك إلى يودوكسوس ( Eudoxus ) تلميذ افلاطون ( Plato )  
 وتعتبر هذه النظرية من المعالم الرئيسية لصورة العالم عند أرسطو والتي  
 هي الانحراف الأكثر عمومية عن النظام البطليموسي . يعد أرسطو من  
 أكثر علماء العالم القديم تأثيراً وشمولاً . ومهما تكن العبقرية التي  
 أنشأت هذا النموذج كبيرة فهي لم تستطع تعليل تغير اللمعان أثناء الحركة  
 التراجعية أو تعليل الظواهر الأخرى التي كشفت تقنية الرصد المتقدم عنها.



كرات أرسطو السماوية حسبما فهمت في القرون الوسطى حيث تنحرف الشمس والقمر والكواكب  
 الخمسة المعروفة حول الأرض وبقي ذلك الكرة السماوية المتحركة التي ثبتت عليها النجوم

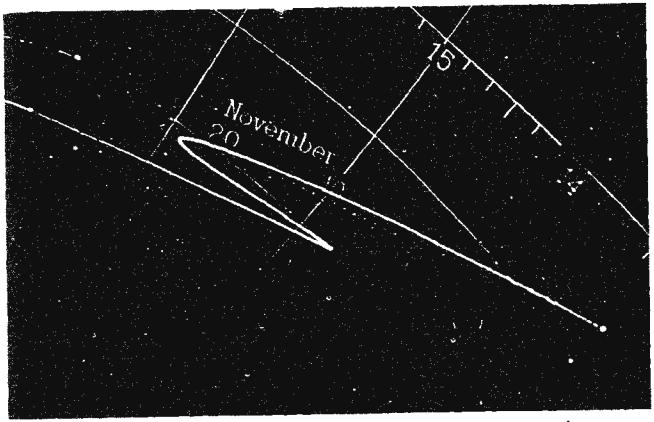
إن الخطوة التالية لتبرير حركات الكواكب وضعها اثنان من أبرز علماء اليونان وهما أبولونيوس ( Apollonius ) وهيبارخوس ( Hipparchus ) اللذان اقترحا الآلية التداويرية ( epicycle ) وإن أبسط شكل لهذه الآلية هو « مسجلة حركات النفس - Spirograph » والتي تتحرك فيها دائرة صغيرة بانتظام حول مركزها . هذا المركز هو نقطة ثابتة من محيط دائرة ثانية تدور أيضاً حول مركزها .



فسر بطليموس الحركة التراجعية لنجوم وتغير لمعانها حسب الآلية الموضحة في الشكل والتي تتحرك الكواكب بموجبها وفق سلسلة من الرواسم التداويرية

وهكذا تدور الدائرة الخارجية على دائرة داخلية . لقد طرحت هذه النظرية لأنها أكثر ملاءمة . إن الكوكب يقع على الدائرة الخارجية، وأما الأرض فتتمثل مركز الدائرة الداخلية . إن الطريق المقترح للكوكب بهذه الطريقة يعلل سبب الحركة التراجعية وسبب ازدياد اللمعان (بسبب اقتراب الكوكب أو ابتعاده عن الأرض) . وبذلك أمكن شرح الكثير من الأمور الشاذة .

إن تعديل حركات جميع الكواكب يستلزم تطبيق الطريقة المذكورة على كل مسار على حدة حيث يختلف قياس الحلقات بين كوكب وآخر كما يختلف عددها . وعلى سبيل المثال يتطلب كوكب المشتري إحدى عشرة حلقة بينما يتطلب كوكب زحل ثمانية وعشرين حلقة من أجل إتمام مدار كامل .



مقطع صغير من المسار الفعلي للمريخ يوضح حركة التراجع

وهكذا واستخدام هذه الطريقة يصبح بالامكان وصف جميع ما يخص حركة الكواكب بقدر كاف من الدقة وفي الحقيقة فقد بدت نظرية الدائرتين قادرة على احداث تعميم مدهش واضعه الرئيسي هو بطليموس . يستطيع المرء أن يضيف دائرة ثالثة صغيرة يتحرك مركزها على الدائرة الخارجية للحركة التداويرية الأصلية التي بدورها ذات مركز يستمر بالحركة على دائرة مركزها الأرض . بهذه الطريقة وبخدع مشابهة أمكن شرح الكثير من حركات الكواكب . قد تبدو النظرية التداويرية نظرية علمية جميلة ولكنها كانت في الواقع كابوساً .





بطليموس وهو يقيس ارتفاع القمر ترافقه احدى الملهمات « Muse »  
 • الملهمة : احدى الإلهات التسع الشقيقات الروائي يحمين الفناء والشعر والفنون  
 والعلوم ( في الأساطير الاغريقية)

تقد كانت وسيلة تبسيط لتذكر الحركات وتوقعها . بعد ذلك راح  
 الإنسان يتساءل عما ذا كانت حركات الكواكب أبسط مما تشرحه  
 هذه الآلية المعقدة ومع هذا فقد سادت هذه الآلية قروناً عديدة لعدم  
 وجود نظرية بديلة . إن التحدي الحقيقي لهذه النظرية لم  
 يأت إلا في القرن السادس عشر على يد العالم كوبرنيك  
 ( Nicholas Coperni Cus ) .



نقد ظل العمل الثوري الذي قام به كوبرنيك بخصوص حركة الكواكب والذي أكد فيه نظرية ارتيساغوس التي تقول ( عام ٣٠٠ ق.م ) بأن الأرض ليست مركز الكون ملي الكتمان مدة أربعين عاماً قبل أن ينشر عام ١٥٤٣ وذلك بسبب المعارضة الشديدة التي أبدتها الكنيسة وأتباع بطليموس

كان كوبرنيك يحد ذاته موسوعة علمية فقد درم عددًا من اللغات المختلفة بالإضافة إلى القانون واللاهوت والرياضيات والطب والفلك . إن دراسات كوبرنيك أقنعته بأن النظام البطليموسي ليس صحيحاً لأن فيه الكثير من التناقض ما بين النظرية والملاحظة الواقعية . وفي الحقيقة

وجد كوبرنيق اقتراحات تقليدية على تناقض تام مع النظام البطليموسي الذي أراد التحقق منه اقترح منذ زمن أريستارخوس (Aris-tarchus) أن الشمس وليس الأرض هي مركز الكون أي أن الشمس هي مركز الكرة السماوية الخاصة بالنجوم . أما الأرض التي يعرفها الإنسان العادي بصورة جيدة فتدور حول محاور . مما يعطي ادراكاً مغلوطاً بأن السموات تدور بالاتجاه المعاكس . ويوضع الشمس في مركز جملة الكواكب والنجوم وبافتراض مدارات دائرية للكواكب أقنع كوبرنيق نفسه أولاً بأن تغير شدة الضوء وشرح حركات الكواكب يمكن أن يبرر بدون الاستعانة بتعقيدات نظرية الدائرتين المذكورة سابقاً .

لقد كان كوبرنيق قادراً على الاستمرار بحيث يستطيع حساب بعد مختلف الكواكب عن الشمس بدلالة نصف قطر مدار الأرض وهي



تمكن غاليليو باستخدام منظاره الشهيرة من اكتشاف أقمار المشتري الأربعة عام ١٦٦٣ ومن اكتشاف أطوار كوكب الزهرة وعده أرغم عام ١٦٦٣ على انكار تأييده لنظرية كوبرنيق بسبب محكمة التفتيش

واحدة من واحداث قياس المسافة في علم الفلك . ولكن أبحاثه جرت في وقت ينبغي فيه أن تأخذ جميع المعارف اقرار الكنيسة وكان طريق كوبرنيق وعراً ولكن كفة الميزان ما لبثت أن مالت إلى الجهة المعاكسة عندما اخترع غاليليو - Galileo - منظاره للتحقق من افتراضات كوبرنيق وكان تصرف الكنيسة أقل تحمراً فحُكِمَ غاليليو قبل أن يستجوب . إن التدخل الديني وضع نهاية فصل لتاريخ رجل .

### تقدم النظريات السببية :

يجب أن يمتلك المرء التمييز الصحيح بين النظرية الوصفية الصرفة والنظرية السببية . ومن النظريات الوصفية نظريات القرن التاسع عشر التي تناولت علمي النبات والحيوان . لقد صفت الحيوانات وكذلك النباتات إلى أصناف متعددة ولكن لم تتوفر أية نظرية تشرح سبب أخذ بعض الأصناف شكلاً ما دون غيره ، فعلم التصنيف يتطلب مجهوداً كبيراً ولكنه لا يقدم توضيحاً أو شرحاً كالشرح الذي نحتاجه في علم الفلك أو علم الفيزياء أو العلوم الكونية بشكل خاص . إن كلاً من نظام بطليموس ونظام كوبرنيق هو نظام وصفي فقط . إن فكرة السبب قديمة جداً وعلى الأقل من أجل الحوادث على سطح الأرض كفكرة دفع البرميل أو اطلاق السهم التي تُرى كيفية تطبيق هذه الفكرة على الحركة . ولكن السؤال الذي يطرح نفسه هو امكانية وجود نظرية طارئة تشرح سبب حركة الكواكب وذلك يقودنا إلى نظريات كبلر ونيوتن . كانت نظريات كبلر في الحقيقة تتوسط النظريات الوصفية والسببية لأنه كان فقط ينشد البحث عن وصف للملاحظات من أجل تكوين نظرية سببية وقد نجح في ذلك نجاحاً بالغاً . وهكذا كانت

النظريات التي وصعها لحركة الكواكب ذات قيمة كبيرة بالنسبة لنيوتن من أجل إيجاد نظريته السببية .

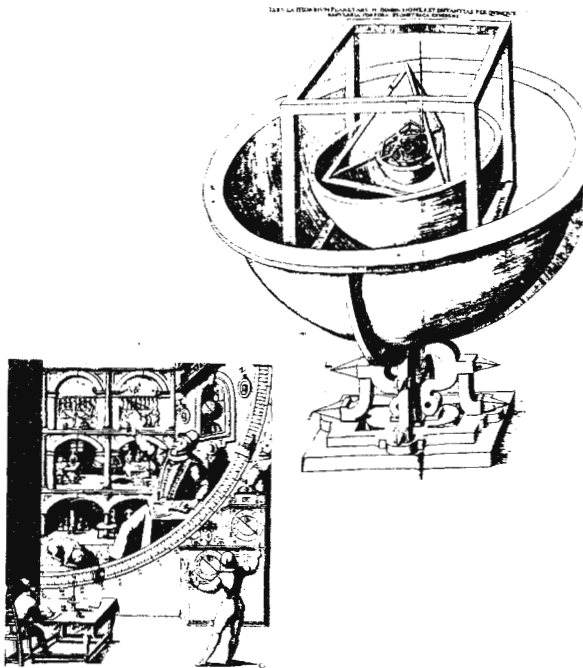
لقد تمكن كبلر بعد قضاء فترة طويلة من المراقبة مدفوعاً بالنظريات الفلسفية العقلية الغربية من صياغة القوانين الوصفية التالية عن حركة الكواكب والتي تنص على ما يلي :

١ - لا تتحرك الكواكب في مسارات دائرية بل في قطوع ناقصه وإن أحد محرفي كل قطع هو الشمس . ( إن محرق أي قطع هو إحدى النقطتين اللتين يستخدمهما بناؤوا الحدائق في رسم أحواض الورود البيضوية ويتم ذلك بواسطة خيط يتم ربطه بكلا النقطتين ، تستخدم هذه الطريقة عادة في وصف القطع الناقص ) .

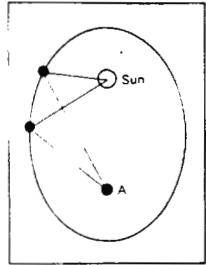
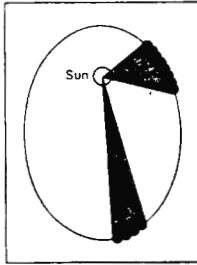
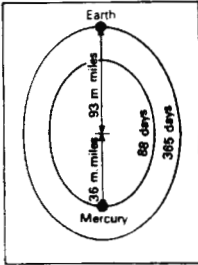
٢ - - مسح نصف القطر الواصل ما بين الشمس والكوكب مساحات متساوية في أزمان متساوية .

٣ - إن مكعب المسافات الوسطية عن الشمس للكواكب متناسب مع مربعات أدوارها .

على الرغم من كون هذه القوانين وصفية تماماً فهي تعتبر متقدمة كثيراً بالنسبة للنظرية التداويرية وربما كانت إحدى ميزاتها الهامة هي أنها فصلت المعالم الآلية التي تحتاج للتوضيح . لا يذكر القانون الأول شيئاً عن سرعة الكواكب على مداراتها ولكنه يحدد شكل المدار فقط . أما القانون الثاني فيذكر مقارنة للسرعة بين نقطتين مختلفتين ويربط القانون الأخير سرعة أحد الكواكب بسرعة كوكب آخر. لقد تم هتاتيسيط الطريقة العلمية وذلك بتحليل الظواهر المعقدة إلى وحدات بسيطة يمكن أن تشرح بصورة منفردة .



تمكن كيبلر بالاستفادة من أرصاد قام بها تينخو براهي « Tycho Brahe »  
 باستعمال الرقبة الجدارية من إيضاح انحناء الكون بدلالة قياس كرات  
 الكواكب ويرتبط ذلك بمجسمات أفلاطون ومن صياغة فوائده  
 الثلاثة في الفلك



قوانين كبلر الثلاثة : يتحرك الكواكب على قطوع ناقصة تشكل الشمس أحد بؤرتيها  
تمسح الكواكب خلال أزمان متساوية مساحات متساوية  
يتناسب مكعب بعد الكواكب عن الشمس مع مربع فترة الدوران حول  
الشمس يوضح الشكل ذلك لكوكبي عطارد والأرض .

لقد توقف التقدم العلمي ولمئات من السنين وتأثر تأثيراً كبيراً  
بالفكرة القائلة بأن الحفاظ على سرعة معينة يتطلب قوة مؤثرة . ولكن  
نيوتن وفي محاولة لفهم قوانين كبلر أدرك أن هذا غير صحيح ولا  
يتنافى في الحقيقة رأي نيوتن مع خبرة الإنسان اليومية كدفع عربة  
للتغلب على قوى الاحتكاك عند الدواليب أو كانهزلاق حجر على أرض  
خشنة . وقد بنى نيوتن وجهة النظر القائلة ( متبعاً فكرة غاليليو الأكثر  
تحديداً ) بأن الحفاظ على سرعة معينة لا يتطلب قوة ولكن تغيير سرعة  
الحركة يازمه قوة . وهكذا فإن قانون نيوتن الأول في الحركة ينص على  
أن الجسم إذا لم يخضع لتأثير أية قوة فإنه يتحرك بسرعة منتظمة ووفقاً  
لمنحى مستقيم وإن تسليط أية قوة سيؤدي إلى تغيير في الحركة وبالتالي  
إلى تغيير في السرعة .

ترى ما هي العلاقة التي تربط قانون نيوتن الأول بمشاهدات كيار التي تخص حركة الكواكب ؟ حتى نفهم هذه العلاقة يجب أن نذكر أن التسارع لا يحدث فقط عند تغير مقدار السرعة ولكنه يحدث أيضاً عندما تغير هذه السرعة اتجاهها كما يحدث بالنسبة لكوكب يسير في فلك بيضوي . هذا الكوكب سيغير اتجاه حركته على الدوام .

لنعتبر على سبيل المثال جسماً مربوطاً بخيط ولنجعل هذا الجسم يدور في دائرة مركزها اليد . نجبرنا قوانين نيوتن بأنه إذا أفادت الجسم فينبطق في اتجاه المماس الموافق وإلا فان الخيط سيجذب الجسم دوماً نحو مركز الدائرة وسيكون هذا الخيط كما نعام في حالة شد وسيؤثر على اليد بقوة مؤثرة نحو الخارج وعلى الجسم بقوة متجهة نحو الداخل . هذه القوة الأخيرة في الحقيقة ستجعل الجسم يتسارع باستمرار نحو مركز الدائرة .

وبالعودة إلى الكواكب نجد أنها غير مرتبطة بخيط مع الشمس وكان رأي نيوتن أن قوة مشابهة تؤثر على الكواكب لتبقىها في مداراتها الإهليجية حيث ان لم توجد مثل هذه القوة فستتحرك الكواكب في خط مستقيم نحو أعماق الفضاء . وقد دعا نيوتن هذه القوة قوة التناقل gravitation ( أو الثقالة ) .

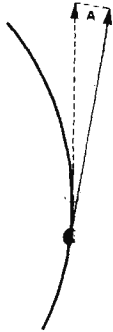
لقد برهن نيوتن على أن قوانين كبار يمكن أن تفسر في ضوء قوى جنب ثقالية تربط ما بين الشمس والكواكب . وقد عم نيوتن ذلك فقال بحتمية وجود قوى تجاذب ثقالية بين أي جسمين . كما اعتبر التسارع الناتج في الجسم مقياساً للقوة الفاعلة فيه . إن المشاهدة اليومية ترينا أن بعض الأشياء تتحرك بصورة أيسر من أشياء أخرى ولهذا فلا بد



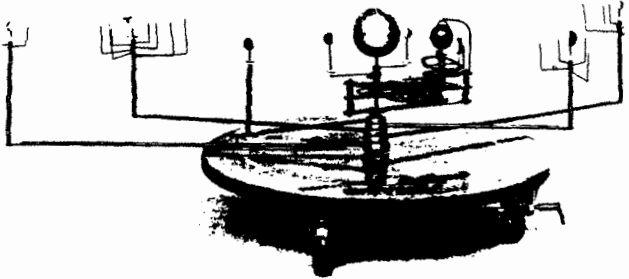
أن يكون لكن جسم عامل متعلق بالكم دعاه بالكتلة وهي مقياس يعبر عن مقاومة الجسم للتحرك . إن الكتلة من وجهة نظره عبارة عن ثابت مرتبط بالجسم وهو مقدار ما تجمع في الجسم من مادة ، ما يعبر عن عطالته . تقاس القوة بعد ذلك بمبدأ الكتلة بالتسارع وهذا هو في الحقيقة قانون نيوتن الثاني في الحركة . إن نيوتن . عبر قانونه الأول والثاني وكذلك عبر قانونه الثالث الذي ينص على أن تأثير أي جسم على جسم ثان يساوي ويعاكس تأثير الجسم الثاني على الأول وفق خط واصل ما بين الجسمين . تمكن من استنتاج قوانين كبار الثلاثة حول حركة الكواكب ما جعل هذه القوانين تأخذ شكلاً سببياً . أصبح جلياً بعد ذلك انطلاقاً من قانون كبار الثاني أن الكواكب تتحرك تحت تأثير قوة متجهة نحو الشمس . وأن هذه القوة حسبما يتضمنه قانون نيوتن الأول تتناسب عكسياً مع مربع المسافة فإذا كان الكوكب أبعد . . . بمرتين عن الشمس وجب تقسيم القوة على ٤ كما أن القوة ما بين الشمس وأحد الكواكب تتناسب وفقاً لقانون نيوتن الثالث مع كتليهما .

يحتوي قانون نيوتن في الجاذبية الثقالية على مضامين واسعة أصبحت متأصلاً في تفكيرنا ، ما جعلها أمراً مفروغاً منه . في حين أنه كان من المدهش في وقت ما اعتبار أن ما يجعل التفاحة تسقط هو نفسه الذي يجعل الكواكب تحتفظ بمداراتها حول الشمس. وبعبارة أخرى اعتقد نيوتن أن قوانينه لا تصلح للأرض فقط بل للنظام الشمسي بأسره وهناك بعض الدلائل التي تشير إلى أنه اعتقد بإمكانية تطبيق هذا القانون على مجمل الكون . وهكذا تولدت فكرة إمكانية تطبيق قوانين الفيزياء على جميع المسائل الكونية وهي فكرة أبعدت العاوم الكونية عن الأمور الغيبية وجعلتها في طوق العلوم الطبيعية .

إن علينا أن ندرس بتفصيل أكبر افتراض صلاحية قوانين نيوتن في جميع الأزمان والأمكنة فهناك حالة من حالات المصادفة اليومية التي تبدو وكأنها تشكل استثناء لأمكانية تطبيق هذه القوانين . فالصعود نحو الأعلى في مصعد سريع يشعر المرء بأن وزنه يزداد ويشعر كذلك حامل الحقيبة في المصعد وكأن وزن الحقيبة قد ازداد أيضاً عما كان عليه في حالة ثبات المصعد . إن هذا ليس بسبب كون المصعد يتحرك نحو الأعلى بسرعة ولكنه بسبب كونه متسارعاً . وبصورة مشابهة ففي الطائرة التي تتسارع لأجل الإقلاع تميل الأشياء كالكتب الموجودة فيها ، إذا كان السطح صقيلاً . لأن نتجه للخلف ويظهر ذلك تناقضاً ظاهرياً مع قانون نيوتن لأن هذا القانون يقضي بالحاجة إلى قوة تنتج تسارع الكتب إلى الخلف .



إذا اندست بشكن مفاجيء القوى المؤثرة على جسم يتحرك على منحنى فيسير هذا جسم على تماس المنحنى لحظة انعدام القوى . اكتشف نيوتن أيضاً أن تغير السرعة و.و. بالا اتجاه فقط لا يمكن أن يتم إلا بوجود قوة مؤثرة باتجاه التغير



يمثل الشكل نموذجاً ميكانيكياً للجسورة الشسبية أصبح شائعاً في القرن الثامن عشر  
 كنتيجة من اهتمام العامة بعلم الفلك مدفوعين بنظريات نيوتن. إن كوكبي اورانوس  
 ونيبتون ومظم الأقمار الموجودة في الشكل كانت غير معروفة بالنسبة لنيوتن وقد  
 استدل على وجودها فيما بعد باستخدام قانونه العام في الجاذبية

إن المصعد والطائرة هما مرجعان للمقارنة لا تسري عليهما قوانين  
 نيوتن لأنهما مرجعان متسارعان وقبل أن نستطيع تطبيق قوانين نيوتن  
 مرة ثانية فإن تحويلاً يجب أن يجرى ، ويتم ذلك بأن يطرح التسارع  
 الخارجي المطبق من جميع الأجسام المدروسة قبل تطبيق القوانين وهكذا  
 فيسبقي وزن الحقيبة ثابتاً وسبقى الكتب في الطائرة في أماكنها .

من وجهة نظر نيوتن يوجد فرق كبير بين السرعة والتسارع .  
 فالانسارع حسب رأيه هو شيء مطلق . وبالنسبة لمراجع غير متسارع

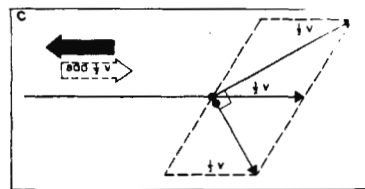
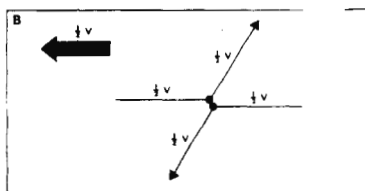
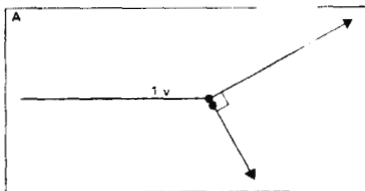
لا تتحرك الأشياء بصورة أسرع أو أبطأ ما لم تؤثر بها قوة فهي تستمر بالحركة بصورة منتظمة ولا توجد حاجة هنا للحدث عن التسارعات النسبية . إن جميع التسارعات يمكن أن تقاس من وضع عدم التسارع .

يختلف الوضع في حالة السرعة . إذ المستحيل اعتبار أحد الأشياء ساكناً تماماً . ولا يوجد معيار لقياس ذلك فالقطار يتحرك بالنسبة للأرض والأرض تتحرك بالنسبة للشمس والشمس تتحرك بالنسبة للرب الثبانه والمجرات تتحرك بالنسبة لمجرات أخرى فلا يوجد هناك إذاً معيار مطلق ، فالمرء يستطيع أن يتحدث عن أشياء متحركة بسرعة نسبية ، بالنسبة لأشياء أخرى .

لقد اعتبر نيوتن أن لقوانينه امكانية التطبيق في جميع مراجع المقارنة هذه ، لأنها غير متسارعه وتدعى هذه المراجع مراجع عطالية فظراً لأن عطالة الجسم تبقى في وضع الثبات أو في وضع الحركة المنتظمة ما لم تؤثر عليه قوة خارجيه . فعندما تنعطف السيارة يبقى راكبوها متجهين باتجاه المماس مالم يثبتوا جيداً ويطبّقوا قوى على مقاعدهم كي يتمكنوا من الانسجام مع حركة السيارة .

وهذا يعني أن لعبة البليارد ، على سبيل المثال ، في قطار يجري بسرعة منتظمة ستستمر وفقاً لنفس قوانين الميكانيك بالنسبة لمراقب ثابت على سطح الأرض ( سنفترض دوماً أن سكة القطار ملساء تماماً ولا نسب أي ارتجاج ) وستمكن هذا المراقب الثابت من معرفة تأثير الصدم على الكرات وستمكن من معرفة سلوك الكرات على الرغم من أن له سرعة تحالف سرعة القطار وحتى يتمكن من ذلك يجب أن يطرح سرعة القطار من سرعة كرات البليارد ، عندئذ يتسنى له أن يعرف نتيجة الصدم حسب قوانين نيوتن وحتى تكون نتائج هذا المراقب

موافقة لتتأرجح أحد المسافرين على نفس القطار فانه يجب أن يضيف سرعة القطار إلى سرعة الكرات بعد الصدم .



لنفترض أن لعبة البليارد تجري في قطار متحرك. يرى المراقب الموجود في القطار الكرة التي تسير بسرعة سر تصدم الكرة الثابتة وتكون الزاوية المتشكلة بعد الصدم مساوية ٩٠ درجة (الشكل ١) يرى المراقب الموجود خارج القطار الشكل ب إذا كان القطار يسير بسرعة  $v/2$  سر وفي الحقيقة يستطيع المراقب الثاني استنتاج ما يراه المراقب الأول بإضافة سرعة القطار  $v/2$  سر إلى السرعة الظاهرية للكرتين . (ج)

وفي الحقيقة فلا تعتبر هذه العملية عملية معقدة رياضياً ، فمن السهل اجراؤها وهي تتضمن فكرة التحويل التي ذكرت من قبل . إن المراقب خارج القطار سيحول المسألة من داخل القطار إلى خارجه وبعد أن يحلها سيعيدها مرة ثانية إلى القطار . ربما تبدو هذه المسألة المذكورة بلا هدف ولكنها في الحقيقة ليست كذلك لأنه من الأسهل في العديد من المسائل أن يتم الحل من قبل المراقب الخارجي بدلاً من المراقب الداخلي وسيعطي مثال حي حول كيفية تحويل آينشتاين للثقاله خارج الكون حيث توصل بذلك إلى تداخل المكان بالزمان .

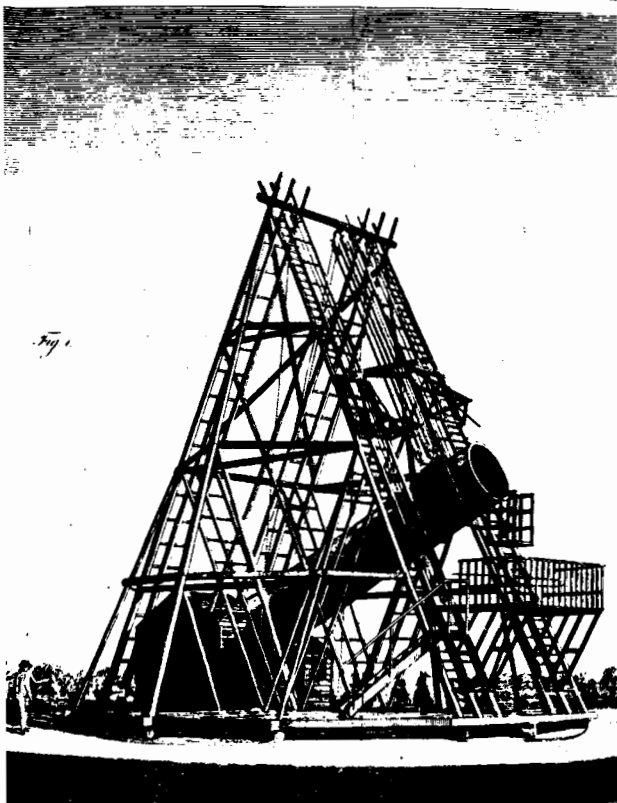
إن أية نظرية تخص الثقال الكوني يجب أن تصلح لإكمال الكون . وفي الحقيقة فإن معظم علماء الكون الحاليين قد طوروا آراءهم انطلاقاً من آراء نيوتن وبشكل أكبر من تعديلات آينشتاين لها ؛ إن نيوتن نفسه لم يتابع المضامين العظيمة لنظريته كما كان متوقفاً .

كان نيوتن على صواب في أن الكون لا متناه في جميع الاتجاهات بعكس ما كان سائداً حين افترضَ أرسطو كوناً متناهياً في الحجم وأيده في ذلك علماء القرون الوسطى . إن اكتشافات نيوتن أقصت هذه النظرية بعيداً عندما أشار . بأنه لو كان الكون متنهاً فستجذب قوى الثقالة جميع أجزائه إلى بعضها وسيتهي الكون إلى كتلة واحدة أما اذا وجدت بعض المادة على بعد لا نهائي بحيث يكون جذبا الثقالي للأجزاء الأقرب لا متناهياً في الصغر ، عندئذ يمكن لهذه المسألة أن تحل .

وفي الحقيقة فإن هنالك تناقضاً في هذه المناقشة لم يشر إليه حتى نهاية القرن التاسع عشر . فلو كانت المادة موزعة بانتظام ضمن كرة

ذات نصف قطر محدد فان حقل الثقالة على حافة الكرة سيكون متناسباً مع نصف القطر . أي أن حقل التجاذب على حافة كرة لا نهائي – ويقصد بذلك الكون اللا نهائي – سيكون لا متناهياً في الكبر مما يؤدي إلى أوضاع فيزيائية مشوشة لا يرغب الفيزيائيون بالتعامل معها . وهذا ما دفع بالفلكي الألماني زيليغر ( H.Seeliger ) لأن يقترح في عام ١٨٩٥ أن قانون نيوتن في التجاذب الثقالي يجب أن يعدل إذا ما أخذت المسافات الكبيرة بعين الاعتبار .

لقد أدرك نيوتن بنفسه أن نظريته عن كون لا نهائي تفرض سريان قوانينه عبره . وفيما لو أدرك صعوبات ذلك فلا نعلم المدى الذي وصل إليه . لقد كان نيوتن على قدر كافٍ من الحكمة بحيث ترك المسألة برمتها معلقة . أما في نهاية كتابه الشهير علم البصريات « Opticks » فترك البت النهائي بالأمر إلى الله عز وجل : « . . . إن الله قادر على خلق جسيمات من المادة في قياسات متعددة وفي نسب متعددة أيضاً في الفراغ وربما في كثافات وقوى مختلفة وبالتالي فهو قادر على تغيير قوانين الطبيعة وعلى صنع عوالم بأشكال متعددة في أصقاع مختلفة من الكون وعلى الأقل لا أجد تناقضاً في مجمل ذلك » .



المرصد الذي بناه هيرشل بهدف دراسة الكون



## والظهور نيوتن

أدت قوانين نيوتن ، عندما اقترحت وبعلما اتضحت نتائجها ، إلى تحقيق انجازات هامة ، فقد تم وصف مسارات الكواكب وصفاً دقيقاً . لا تتحرك هذه الكواكب في الحقيقة على قطع ناقص كما تنبأت النظرية ولا تنحرف فقط لتأثير الشمس وإنما تنحرف لتأثير الكواكب الأخرى . وعندما أخذ تأثير هذه الكواكب بعين الاعتبار تم اجراء الحساب الدقيق للمسار في كل حالة تقريباً ، وقد أدى نجاح هذه الطريقة إلى اكتشاف كواكب جديدة . لقد ظل كوكب زحل حتى عام ١٧٨١ أبعد الكواكب المعروفة إلى أن اكتشف السير وليم هيرشل (Sir William Herschel) الكوكب اورانوس خلال عملية رصد روتينية في السماء ، وفي الحقيقة فقد رصد هذا الكوكب حوالي عشرين مرة ما بين عام ١٦٩٠ وعام الإكتشاف ولم يعتبر إذاك إلا نجماً عادياً . إن مراقبة هيرشل لهذا الكوكب مكنته من تحديد تفاصيل مداره . هذه التفاصيل التي لم تؤكد برصد لاحق . وكان التناقض كبيراً عندما تميز في عام ١٨٢٠ أن موضع الكوكب الحالي لا يتفق مع موضعه السابق ولا مع قانون نيوتن في الجاذبية .

اكتشف وليم هيرشل كوكب اورانوس  
واثنين من أقماره الخمسة بواسطة المنظار الذي  
صنعه بنفسه عام ١٧٨١ . إن مرصده الضخم  
الذي يصل يده إلى ٤٠ قدماً وبشكل أكثر دقة  
جهازه ذو المشرين قدم مكنه من دراسة ثم  
تجميع أول المصنفات عن السدم



لقد شكك الكثيرون في تلك الفترة ، بقوانين نيوتن ولكن اثنين  
من الفلكيين وهما جون آدمس ( John Adams ) وهو طالب غير  
متخرج من جامعة كامبريدج واوربان لوفيرييه ( U. Leverier )  
وهو شاب فلكي فرنسي قاما بإجراء أبحاثهما معتبرين أن قوانين الجاذبية  
هي قوانين صحيحة واستنتجا عام ١٨٤٦ وجود كوكب آخر خلف  
مدار اورانوس يخرج اورانوس من مساره المتوقع . لقد مكنت نظرية  
آدمس ولوفيرييه وباستخدام طرق مختلفة ذات طبيعة رياضية صرفة  
من تحديد موقع هذا الكوكب الجديد . وعندما تم بناء مرصد متقدم  
في برلين عام ١٨٤٦ رصد هذا الكوكب في نفس الموضع الذي حددها .  
هذا الكوكب هو نبتون وأدى اكتشافه إلى اكتشاف أبعد الكواكب  
المعروفة وهو بلوتو .

لقد حدثت صعوبات جمة حول مركز النظام الشمسي عندما  
 لوحظ أن فلك الكوكب عطارد وهو أقرب الكواكب إلى الشمس  
 يدور اهليلجه ببطء . وقد عزي ذلك لتأثير جاذبية الكواكب الأخرى .

ولكن هذا التأثير لا يعلل الدوران الضئيل المتبقي. وهكذا فقد شكك بعض الفلكيين بصحة قانون الجاذبية أما البعض الآخر فقد توقعوا وجود كوكب صغير اسمه فولكان « volcan » مسؤول عن التغيرات في مدار عطارد ولكن المراسد لم تقدم أي دليل عن وجود مثل هذا الكوكب كما أن العلماء حالياً غير ميالين لقبول وجود أجرام في السماء كنتيجة لقوة الحساب فقط . وفي الحقيقة فإن هنالك تعليلاً آخر لسلوك عطارد سندرسه في فصل لاحق على ضوء النظرية النسبية العامة .

لقد نجحت النظرية النيوتنية في حقيقة الأمر نجاحاً بالغاً في حينه ، حيث أن الاستفسارات حولها لم تُسأل إلا بعد ذلك بوقت طويل . ومن بين الأسئلة التي طرحت السؤال الكوني الأصلي التالي : عندما يتوقع المرء ويلاحظ أن مدار أحد الكواكب هو قطع ناقص دائر فما معيار الثبات في هذه الحالة أو بالأحرى ما هو معيار عدم الدوران ؟ لا يمكن أن يكون هذا المعيار هو سطح الأرض لأننا نعلم أن الأرض تدور حول محورها ، كما أن الفلكيين ، حتى يتمكنوا من الاستمرار في مراقبة نجم معين ، كان عليهم أن ينقلوا مراصدهم بشكل منتظم ، وذلك للتغلب على مسألة دوران الأرض إن مراقبة السماء والتوقعات النظرية كانا ضمن مرجع مقارنة اعتبرت فيها النجوم البعيدة غير ذات حركة عرضانية . منذ خمسين عاماً طرح السؤال التالي : كيف يمكننا اعتبار النجوم البعيدة ثابتة ؟ لقد تعلمنا الآن أن نكون أكثر حرصاً ، لأن هذه النجوم تبدو ثابتة ولكنها في حقيقة الأمر تتبعد عنا باستمرار وبصورة مباشرة . فالأمر المهم إذاً هو عدم وجوب وجود حركة تناظرية دورانية في مرجع مقارنة مرتبط بالنجوم البعيدة .



كنتيجة الحسابات التي قام بها لوفيريه « Leverrier » والمبينة على الحركة غير المنتظمة لكوكب اورانوس أمكن اكتشاف كوكب نبتون عام ١٨٤٦ وكذلك اكتشاف أحد أقماره . لقد توقع ادس « Adams » قبل عام من التاريخ المذكور وبصورة مستقلة وجود هذا الكوكب ولكن نتائج حساباته قد أهملت

ولما كانت هذه النجوم قد استعملت ولمئات من السنين كمعيار لمراقبة مدارات الكواكب لذلك لا يبدو أمراً غريباً أن نعتبرها مرجع مقارنة ولكنه مدهش من الوجهة النظرية ويمثل نقطة مميزة في موضوع الكون الحقيقي . فالتوقعات النيوتنية قد أنجزت بالنسبة للمرجع العطالي المذكور سابقاً وأيدت التجارب ذلك ولكن دون الإشارة إلى ثبات النجوم النائية . إن مثل هذه المراجع هي المراجع التي تصح قوانين نيوتن فيها والتي يمكن تحديدها بأجهزة تجريبية وبدون أي علاقة ظاهرة مع النجوم الثابتة . لقد برهن جان فوكو (Jean Foucault) في عام ١٨٥١ « وبوساطة نواس ذي خيط طويل معلق بنقطة ثابتة وله حرية النوسان جيئة وذهاباً وحيث جعل هذا النواس

ينوس بدون دوران ابتدائي بربطه جانبياً بخيط يحرق فيما بعد ، أن  
 مستوي النوسان سيدور ببطء بالنسبة إلى سطح الأرض وإذا أبقينا  
 منظارنا مثبتاً في مستوي النوسان ودائراً مع النواس فسنجد أننا لم نزل  
 فقط عقبه دوران الأرض لأجل الرصد بل حصلنا أيضاً على إطار مرجع  
 تسري فيه قوانين نيوتن بدقة .

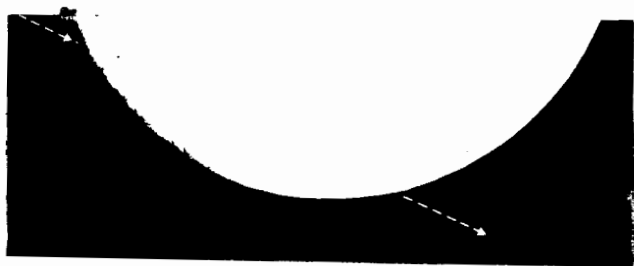


يشير السهم المبين في الشكل إلى أحد أقمار نبتون



تمكن فوكو « Foucault » من إثبات دوران الأرض حول نفسها بواسطة تجربته الشهيرة التي أجراها في إحدى كنائس باريس عام ١٨٥١ . عندما تدور الأرض حول محورها يتغير مستوي نوسان النواص بالنسبة إلى مقياس مثبت على الأرض .

لم نذكر هنا أي شيء عن النجوم البعيدة في حين عينا مرجعاً  
اعتبرت فيه هذه النجوم البعيدة ثابتة فلا بد عندئذ من وجود علاقة  
ما بين المراجع المحلية والمادة البعيدة ، ونظراً لصعوبة الافتراض بأن  
اختيار المرجع سيؤثر على المادة البعيدة فنجد أنفسنا مدفوعين لأخذ



يمر كوكب عطارد ثلاث عشرة مرة في كل  
قرن ما بين الأرض والشمس ويبدو حيثئذ من  
الأرض كبقعة سوداء صغيرة في قرص الشمس  
كما يدل على أنه لا يمتلك غلافاً جويّاً وقد ظن في  
الماضي بأن هناك قوى مد يجزّيه - متملقه بالمد  
والجزر-تتبعي أحد وجهي عطارد باتجاه الشمس  
بصورة دائمة مما يشبه حركة القمر أيضاً بالنسبة  
للأرض. إن القياسات الرادارية الأخيرة -  
عطارد ينفذ حول نفسه مرة في كل مدار -  
مدار كوكب عطارد فهو عبارة عن قطع ناقص  
دائر بالفنّا في رسمه في الشكل



سديم شمال أمريكا في كوكبة الدجاجة . لقد كانت النجوم المرئية في درب الشاة تبدو  
محاطة بنجوم سديمية شاحبة . ومع التطور الكبير للمراصد أصبحنا قادرين على  
ادراك وجود الاف النجوم في هذه المناطق



وجهة نظر الفيزيائي الألماني أرنت ماخ « Ernst Mach » عام ١٨٩٣  
القائلة بأن المراجع المحلية يجب أن تعين حسب توزع وحركة النجوم البعيدة.

كيف يمكن للنجوم البعيدة بالتبعية أن تقرر عمل قوانين الفيزياء  
على سطح الأرض ؟ لفهم ذلك بصورة أحسن سنعود إلى الملاحظات  
الفلكية التي أجريت في القرنين الثامن عشر والتاسع عشر .

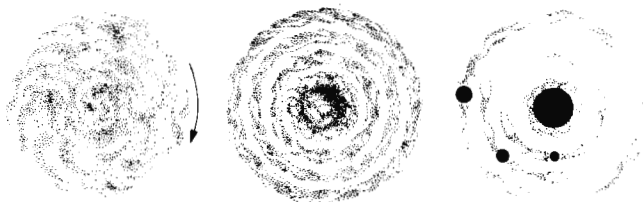
### ما وراء النظام الشمسي :

عندما ننظر إلى السماء بالعين المجردة تبدو النجوم غير موزعة  
بانتظام على صفحاتها ولكنها تشكل جسراً يخترق السماء في المنتصف ،  
إنه درب التبانة ، ولا يظهر في الحقيقة سوى عدد ضئيل نسبياً من  
النجوم في الاتجاهات الأخرى . بالطبع لم يكن من المعروف دوماً أن  
درب التبانة يتألف من النجوم وقد شغلت المناقشات حول طبيعة درب  
التبانة المفكرين ردحاً طويلاً من الزمن ، لقد أعار الفلكيون بصورة  
عامة استنتاجاتهم حتى منتصف القرن الثالث عشر اهتماماً ضئيلاً .

لعل من أبرز المساهمات الفلكية في هذا المضمار هي مساهمة  
إيمانويل كانط ( Immanuel Kant ) من خلال كتابه « الهام الأول  
« نظرية السماء » - Theory of The heavens - عام ١٧٥٥ .  
وفي الحقيقة لا يوجد أي شك في أن العلوم الكونية الخاصة  
بنيوتن وكوبرنيك كان لها الأثر الأكبر في مساهمات كانط . لقد صاغ  
كانط ما عرف فيما بعد باسم فرضيات كانط - لابلاس ،  
( Kant - Laplace hypothesis ) التي نهتم بنشأة النظام الشمسي  
وتقول بأن النظام الشمسي قد تشكل من غيمة دائرية من الغاز تبخرت

عنها الكواكب ( وذلك يشرح كون الكواكب تقع جميعاً في مستوى واحد ) وأن بقايا هذه الغيمة أصبحت شمساً . طبق كانط أيضاً نفس الفكرة على مجرة درب التبانة الذي فسره توماس رايت (Thomas Wright) قبل خمس سنوات من ذلك على أنه نظام للنجوم؛ ولم يكتف كانط بهذا القدر بل اعتقد أن أبعد السدم ربما كانت في حقيقتها تجمعات من النجوم لها نفس نوع مجرتنا « درب التبانة » . لم يكن كانط في هذا المضمار سباقاً فحسب بل أن المسألة الكونية ، وهو أمر يستحق الذكر قادمته إلى نظريته في المعرفة وإلى « التقدير التعليل المجرد »

- Critique of pure reason -



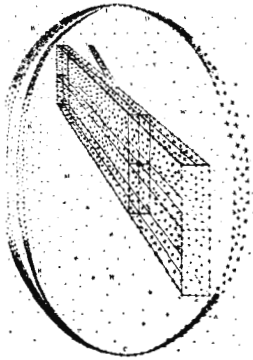
اعتقد كانط « Kant » أن النظام الشمسي ابتدأ كمية غسمة من الغاز ابتدأت بسبب تقلصها الثقالي بالدوران وقد تباعدت فيما بعد حلقات من الغاز عن المركز ثم تكثفت مشكلة الكواكب

إن أفكاراً كأفكار كانط قد رفضت من قبل الفلكيين في حينه إلى أن رسم السيروليام هيرشل ( William Herschel ) خارطة لدرب التبانة معتمداً ولسوء الحظ على افتراضات لها أساس ضعيف . ابتدأ هيرشل بالإضافة إلى ذلك بعمل تصنيف للنجوم المضاعفة ( وهي

عبارة عن نجمين يدور كل منهما في حقل جاذبية النجم الآخر ( حيث كان يأمل في استخدام هذه المعلومات في قياس المسافات . وقد أنجز في نفس الوقت قياسات لنجوم متفاوتة اللمعان مفترضاً أن « اللمعان الأصلي » ( intrinsic brightness ) لجميع النجوم واحد ، وهكذا فإن مسافة النجم متناسبة مع مقدار الخفوت ، حيث يزداد مقدار المسافة حسب رأي الفلكيين بانخفاض لمعان النجم مما يتضمن بأنه كلما كان النجم أخفت كان أبعد . ونحن نعلم بأكثر من دليل أن ذلك غير صحيح ؛ فعلى سبيل المثال تفاوتت نجوم الثريا في لمعانها وتساوى تقريباً في بعدها عن الأرض . إن هيرشل عندما رسم مخططاً للرب التبانة افترض أن النجوم موزعة بانتظام في الفراغ وأنه يستطيع أن يمتدق بمنظاره درب التبانة ليصل إلى أقصى المناطق فيها فأحصى عدد النجوم في اتجاه واحد مما أعطاه فكرة عن عمقها في الاتجاه المرسود .

ولكن فيما بعد وعندما استخدم هيرشل منظاراً أكبر اكتشف أنه لا حدود لانتشار النجوم واكتشف أيضاً قذراً أكبر من طبيعة السدم .

لقد قضى هيرشل جزءاً كبيراً من حياته مأخوذاً ومفتوناً بالسدم ومراقباً لها ومكتشفاً لها واستفاد كثيراً من فهرس شارل ميسييه للنجوم ( ١٧٣٠ - ١٨١٧ ) حيث حاول التحقق من رأي ميسييه بأن السدم عبارة عن نجوم منفردة ، ولكنه في عام ١٧٩٠ وجد سديماً مؤلفاً من نجم مركزي محاط بغلاف غازي . هذا الاكتشاف زعزع ثقته في صحة افتراضاته ولم يدرك في حينه أن منظاره لم يكن كبيراً بالقدر الكافي بحيث يستطيع أن يحلل هذا « الغاز » وأن لا بد له من منظار أكبر .



يمثل الشكل الأيمن تصور توماس رايت لمجرة درب التبانة كما ترى من النقطة آ حيث تختلف أحجام النجوم ولكن هذه النجوم تبدو متراسة إلى حد كبير على الرغم من المسافات الشاسعة التي تفصل بينها . يمثل الشكل الأيسر تصور هيرشل لمجرة درب التبانة وقد طبع ذلك عام ١٧٨٤ إن مراقباً من الأرض يرى مجرة درب التبانة أ ب كجزام من النجوم أ ب ج . تختلف من حيث الكثافة حسب اتجاه النظر ويرى هذا المراقب فرعاً إضافياً فيها هو د ه يرى لامعاً ( د و ه )

استمر الأمر على هذه الحال إلى عام ١٨٦٧ حيث حصل تقدم علمي كبير على يد الأمريكي كليفلاند آبي (Cleveland Abbe) الذي افترض وبصورة صحيحة كما سنرى الآن مستعيناً بفهرس السدم والتجمعات النجمية (Catalogue of Nebulae and clusters of Stars) لهرشل أن التجمعات النجمية العادية تنتمي إلى درب التبانة وهي أقرب إلينا من النجوم المتوسطة التالق والمتتمة إليها أيضاً ، وافترض أيضاً أن السدم وبصورة خاصة

تلك التي لا يمكن تحليلها إلى نجوم منفردة تقع خارج المجرة ، هذه المجرة التي تتألف بصورة أساسية من النجوم . أما السدم فهي بدورها مجرات تبانه ، وهذا ما يتفق تماماً مع رأي كانط . بالرغم من ذلك أو لربما بسببه رفض الفلكيون هذه النظرية الكونية واستمر الجدل حتى نهاية القرن التاسع عشر ولم ينته تماماً حتى أوائل العشرينات .

وكان رفض الفلكيين لفكرة الجزر الكونية المنتشرة عبر الفضاء والتي يشكل درب التبانة الذي نعيش فيه أحدها مبنياً بصورة مبدئية على وجهة النظر القائلة بأن السدم تبدو صغيرة بالمقارنة مع درب التبانة . بالطبع إن حجم السدم الصغير هذا يمكن أن يفسر الآن بالمسافة الأكبر التي تفصل السدم عنا مما ظن الفلكيون آنئذ ، وبالإضافة إلى ذلك فقد وجه الفلكيون انتقاداً آخر مبنياً على اقتصاد الفرضيات وعلى عمل هارلو شيبلي ( Har low Shapely Work ) عام ١٩١٩ حول أبعاد مجرة درب التبانة ، وهو أن في درب التبانة متسعاً حتى للسدم الحلزونية الكبيرة ، وقد استمر الجدل حول هذا الموضوع إلى العشرينات من هذا القرن عندما اكتشفت بعض الطرق لتقدير المسافات ، مما أنهى المشكلة.

وفي الحقيقة فإن من الضروري فعلاً ذكر شيء ما عن الطرق التي يستطيع علماء الفلك بواسطتها تعيين المسافات حيث أنه من الأهمية بمكان رؤية كيفية هذه التقنيات في علم الكون . فالمسافة تكون دقيقة بقدر ما تكون طريقة تحديدها دقيقة . ولا بد من الإشارة في هذا المجال إلى أن طرق تحديد المسافات للأجسام البعيدة تختلف عن طرق تحديد المسافات للأجسام القريبة ولا نحتاج إلا لقليل من الحرص لنقرر فيما إذا كان علينا بالفعل استخدام نفس طريقة قياس المسافة لكلتا الحالتين .

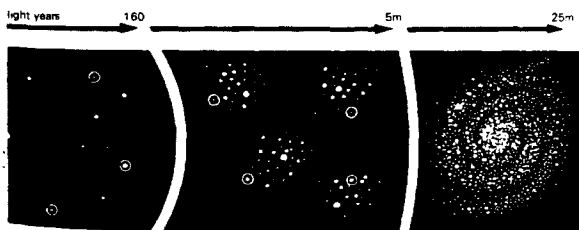
فمن أجل المسافات غير البعيدة جداً تستخدم طريقة اختلاف مكان الرصد ( Parallax ) فإذا رصد النجم من نقطتين تفصلهما مسافة معروفة فإن زاوية الرصد لن تكون متساوية لكلا النقطتين ويمكن بواسطة حل المثلث الواصل ما بين النقطتين والنجم معرفة بعد النجم . إن أهم ما نحتاجه هو قاعدة مناسبة لهذا المثلث وكلما ازداد النجم بعداً نطلب الأمر قاعدة أكبر وإلا فإن علينا قياس زاويتين قريبتين من بعضهما بحيث يصبح الأمر مبهماً :



إن طريقة اختلاف الرصد محصورة بالنجوم التي لا يتجاوز بعدها حوالي ١٦٠ سنة ضوئية . ويوجد ضمن هذا المدى العديد من النجوم المتحركة مما يمكن من معرفة نجوم متحركة أخرى تبعد عنا بمقدار ٥ ملايين سنة ضوئية . إن ذلك يطينا البعد الفاصل عن مجرات متعددة وعن نجوم لاسعة في هذه المجرات مثل M31 في أندروميدا . إن المقارنة ما بين ألمع النجوم في المجرات مثل M81 في الشكل تفصح المجال أمام مقياس المسافة ليصل إلى ٢٥ مليون سنة ضوئية ( الشكل )

طريقة اختلاف الرصد : إذا وقع النجم على مسافة بعيدة جداً بلغ مجموع زاويتي القاعدة ١٨٠ درجة أما إذا وقع على مسافة أقرب فيكون هذا المجموع أدنى من ذلك وستتمكن من حساب المسافة الفاصلة عن النجم بدلالة قطر مدار الأرض.

بشكل سطح الأرض قاعدة جيدة لتحديد بعد الشمس وإن اجراء العديد من القياسات طوال العام يمكننا من رسم مدار الأرض بصورة دقيقة تماماً وعندما يتم تعيين هذا المسار نحصل على قاعدة أنسب بكثير من القاعدة السابقة وهي أطول قاعدة يمكن أن نحصل عليها ألا وهي المحور الرئيسي لمدار الأرض حيث يستطيع الفلكي حينئذ رصد نجم ما من مرصد واحد في منتصف الشتاء وفي منتصف الصيف ولا يختلف الأساس النظري في هذه الحالة وإنما يختلف المقياس فقط .



إن المسافة التي تفصل السدم أكبر من أن تعين بطريقه اختلاف مكان الرصد ولكن طالما بقيت هنالك مسافات سدم كبيرة غير معينه تطلب الأمر طريقة جديدة لإجراء هذا التعيين وإن هذه الطريقة الجديدة تستطيع تقدير مسافات تتجاوز المسافات التي تقررها طريقة اختلاف مكان الرصد ، ولكن لا يفترض أن تكون متطابقة معها .

لاحظ العلماء وجود نجوم عدة ضمن المنطقة التي يمكن استخدام طريقة اختلاف مكان الرصد فيها ، هذه النجوم تظهر تغيراً دورياً في الشده ، وبالإضافة إلى ذلك فإن اللمعان الوسطي لكل واحد

من تلك النجوم ، ( التي أطلق عليها اسم النجوم المتحولة Cepheid Variables ) فيما بعد ) وخلال دور معين يتغير عكساً مع مربع مسافته ، ويمكن أن يعزى تغير اللمعان إلى المسافة إذا كانت جميع النجوم ذات الدور الواحد لها نفس الشدة المطلقة .

لقد اكتشفت في عام ١٩٢٢ بعض النجوم المتحولة في إحدى المجرات الحلزونية . وبعد عام من ذلك اكتشف النجم المتحول الأول في مجرة المرأة المسلسلة وصنف هذا النجم بـ M31 . إن تغير سطوع M31 نموذجي تماماً ولذلك فمن المنطقي الافتراض بأن له نفس الشدة المطلقة للنجوم ( المتحولة ) القريبة منا وبسبب هذا الافتراض أمكن تعيين بعد هذه المجرة بدلالة شدة النجوم المتحولة الملحوظة فيها .

إن هنالك عائقاً كبيراً يحّد من انتشار طريقة النجوم المتحولة ، وهو أن هذه النجوم في كثير من الأحيان تكون خافتة بحيث لا نستطيع تمييزها في سديم نرغب في تحديد بعده . افترض إدوين هابل (Edwin Hubble) ما بين عامي ١٩٢٣ - ١٩٢٥ ، من أجل تقدير مسافات سدم أخرى ، أن الملع النجوم في سديم ما له نفس الشدة المطلقة لهذا السديم . وبهذا الافتراض وبعد تحليل أشد النجوم لمعاناً في سديم ما يستطيع المرء أن يقارنه باللمعان الملحوظ لألع النجوم في مجرات معينة M31 في مجرة المرأة المسلسلة . أما سبب خفوت اللمعان في المجرة الثانية فيمكن أن يعزى إلى المسافة الأكبر .

إن النتيجة الهامة التي يمكن استخلاصها من ذلك هي التأكيد على فرضية الجزر الكونية ؛ فالمسافة التي تفصلنا عن السدم أبعد بالآلاف المرات من المسافة التي تفصلنا عن أبعد النجوم في مجرتنا . وإن السدم



عبارة عن مجرات تشبه مجرتنا ولها نفس الحجم العام وتنتشر في الفضاء .  
ويتبع ذلك نتيجة غريبة لشرحها علينا الخوض في تفاصيل قياسات  
يجريها العلماء حول أطراف النجوم .

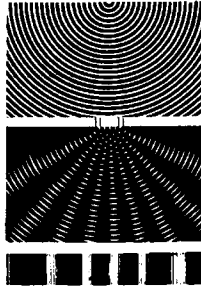


ان سديماً كهذا النوع ( The Dumb - bell nebula in Vutpecula )  
يتألف بصورة واضحة من أجسام متعددة يعتبره هويل كبرى المشاكل في علم  
الفلك المعاصر ويمكن أن يعطينا دليلاً ما حول شكل السم .

#### المعلومات المنتقلة بواسطة الضوء :

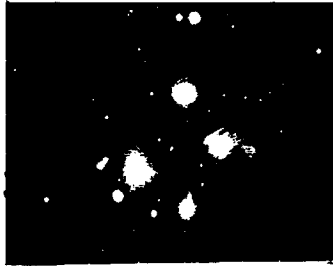
عندما يمر الضوء الأبيض عبر منشور فإنه يتحلل إلى الألوان  
المؤلفة له لأن هذه الألوان تنحرف بزوايا مختلفة عند مرورها عبر  
الزجاج ، وهو نفس الأثر الذي يحدث في قوس قزح حيث نرى شريطاً  
من الألوان الصافية تبديء بالأحمر فالبرتقالي فالأصفر فالأخضر  
فالأزرق ثم البنفسجي ويدعى ذلك بالطيف . وفي الحقيقة فإن المنشور  
لا يزودنا بالطريقة المثالية لتحليل الضوء ؛ ويسلك العلماء سبلاً أخرى  
في تحليله كالتداخل الذي يسبب انتشار الألوان في زيت عائم على سطح  
الماء . إن النتيجة في هذه السبل واحدة .

عندما تثار ذرات عنصر كيميائي معين بواسطة الحرارة على سبيل المثال فان ضوءاً ذا ألوان معينة يصدر وبالتالي عندما نتفحص طيف هذا الضوء لا تظهر لنا حزمة الألوان المستمرة كما في حالة الضوء الأبيض ويبدو بدلاً عنها بعض الخطوط الحادة التي تحدث في نقاط معينة أما باقي الحزمة فتري سوداء . وعندما يمر الضوء الأبيض في غاز معين فان هذا الغاز سيمتص بعضاً من ألوان هذا الضوء وسيقطع طيف الضوء الأبيض بخطوط سوداء تدعى ألوان الامتصاص وذلك في مكان الألوان الممتصة فيما لو ارتسمت على الطيف في الحالة الطبيعية وهكذا فعند دراسة طيف أحد النجوم يكون الفلكي قادراً على تحديد العناصر المصدرة للضوء في النجم ويكون قادراً من خلال الخطوط السوداء على تحديد المواد الممتصة للألوان الواقعة ما بينه وما بين النجم .

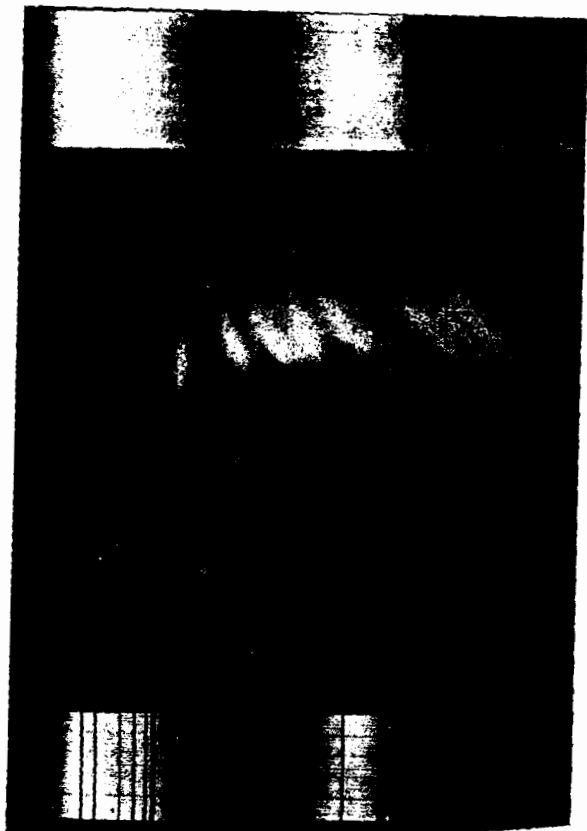


يمكن تحليل الضوء إلى مركباته باستخدام طريقة التداخل حيث تمرر الموجات عبر ثقبين . نتيجة لذلك وباعتماد على أطوار هذه الموجات تفني إحدى الموجات الموجة الأخرى أو تضخمها

عندما درست أطيفاف السدم الأكثر بعداً أظهرت أيضاً نفس النموذج العام للنجوم الأقرب مع الاختلاف الغريب التالي : إن هناك انحرافاً لجميع الخطوط الطيفية باتجاه النهاية الحمراء للطيف ، ويعزى ذلك إلى حركة السدم مبتعدة عن الأرض . وعلى أسس من الملاحظة التجريبية لهذه السدم تمكن هابل من القول بأن مقدار الانحراف نحو الأحمر متناسب مع المسافة وقد تطابقت نتائج هذه الطريقة مع نتائج طريقة « النجوم المنحولة » . وهكذا أصبح لدينا الآن بهذه الطريقة إمكانية معرفة المسافة التي تفصلنا عن السدم البعيدة والتي لا يمكن معرفتها بالوسائل المتوفرة وتعتبر المسافة حينئذ متوافقة مع قانون هابل . وهكذا ومن أجل المسافات الشاسعة تتشكل لدينا طريقة جديدة لمعرفة المسافة ألا وهي طريقة الانحراف نحو الأحمر ، وبذلك يمكننا رسم صورة أشمل للكون ، وتوافق هذه الصورة ما سبق شرحه في الفصل الأول من هذا الكتاب ، وسرى فيما بعد أن قانون هابل له دلالات هامة أخرى ، فقد اكتشفت أجسام ذات انحراف طيفي كبير نحو الأحمر ، وحسب تفسير هابل تقع هذه الأجسام على حافة الكون الملحوظ . لقد أصبحت هذه الأجسام الآن على قدر كبير من الأهمية بالنسبة لعلم الكون .



تجمع الثريا في كوكبة الثور ويظهر الشكل تفاوت لمان النجوم المنفردة



من الأعلى إلى الأسفل : الطيف المستمر للضوء الأبيض : طيف الشفق القطبي الجدير  
الذي تحدثه الفترات والجزئيات المعرضة في الغلاف الجوي العلوي ؛ طيف ضوء  
الشمس وقد اعترضه حزم الامتصاص وفي الحقيقة فإن من السهل تعيين  
وجوده في الحالة الشمسية

نحن الآن مستعدون تماماً للقيام بالخطوة التالية حيث أصبح لدينا صورة واضحة وحديثة لتوزيع المادة في الكون ولكننا مازلنا نجعل سلوك هذه المادة بمرور الزمن . وفي الحقيقة فإن إحدى المسائل الهامة في علوم الكون هي عدم توفر نظرية تشرح سلوك الكون في الماضي وتوضح سلوكه المتوقع في المستقبل وما نعلمه إلى الآن هو مجموعة من الصور غير المكتملة . قبل أن نتابع موضوعنا لا بد أن نستوعب بعضاً من التقدم الكبير للفيزياء الذي حدث في القرن التاسع عشر بما يخص طبيعة الضوء .

#### الضوء :

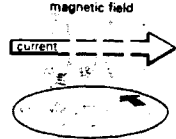
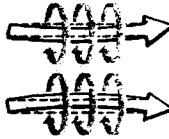
أسست في نهاية القرن التاسع عشر النظرية القائلة بأن الضوء عبارة عن اشعاع كهرومغناطيسي وإن مكشف هذه النظرية يعتبر بحق صاحب الفضل الأكبر في الاكتشافات اللاحقة في الفيزياء التي حصلت في هذا القرن . انه جيمس كلارك ماكسويل - James Clerk Maxwell - الذي ولد في أدمبره « انكلترة » عام ١٨٣١ وأصبح أستاذاً للفلسفة الطبيعية في أبردين عام ١٨٥٦ واتخذ منصباً مماثلاً في الكلية الملكية بلندن عام ١٨٦٠ وقد أعد خلال ذلك نظريته عن الكهرومغناطيسية . انتقل بعد ذلك إلى كامبريدج عام ١٨٧١ وأصبح الأستاذ الأول للفيزياء . أما كتابه الرائع عن الكهرومغناطيسية فقد طبع لأول مرة عام ١٨٧٣ .

إن نظرية ماكسويل تشرح ظاهرة الضوء بصورة دقيقة لا تحتل الخطأ بحيث نستطيع أن نؤكد بأن الضوء هو أحد أشكال حل معادلات ماكسويل . إن النتيجة المترتبة على هذه الحقيقة عظيمة الأثر ولفهمها سندقق في عمل ماكسويل . لقد عرفت نظرية التجاذب والتنافر ما بين

الشحنات الكهربائية منذ وقت طويل وقد عرف أيضاً في القرن التاسع عشر بأن الشحنتين اللتين لهما نفس القيمة وتفصل بينهما مسافة قدرها  $r$  تتدافعا بقوة متناسبة مع المقدار  $\frac{q_1 q_2}{r^2}$  ونحن نستطيع أن نقول « متناسبة مع » لأن وحدة الشحنة لم تكن معروفة بعد . ولكننا ربما نستطيع تعريف وحدة الشحنة الكهربائية بحيث تكون القوة مساوية لـ  $\frac{q_1 q_2}{r^2}$  وبشكل ذلك نظاماً كهربائياً للقياس . لقد أتم ماكويل عملية التوحيد التي ابتدأها ميشيل فاراداي « Michael Faraday » ما بين هذه النظرية والنظرية المغناطيسية .

لقد ابتدأت مسألة المغناطيسية تاريخياً بمناقشة القوة المتبادلة بين مغنطيسين ، ولكن اتضح في القرن التاسع عشر أن أمر المغنطة ، على الرغم من سهولة أحداثه ، هو أمر معقد نظرياً ولا يشكل قاعدة مناسبة لأية نظرية . وعندما اكتشف التيار الكهربائي اتضحت العلاقة التي تربطه بالمغناطيسية فقد وجد أن التيار الكهربائي الساري بالقرب من بوصلة يحرفها عن وضع الشمال الاعتيادي ووجد أيضاً أن التيارات الكهربائية القريبة من بعضها تؤثر على بعضها بقوة مغناطيسية .

لقد أعطى اكتشاف التيار الكهربائي تعريفاً مرضياً للمغناطيسية على أنها القوة المتولدة ما بين تيارين كهربائيين ، ونجد أنه من أجل تيارين متوازيين تتعلق القوة الجاذبة بقيمة هذين التيارين والمسافة الفاصلة بينهما كما في حالة الدفع الساكن ما بين شحنتين كهربائيتين ، فإذا كان قيمة هذين التيارين هي  $i$  والمسافة الفاصلة بينهما  $r$  تكون القوة المغناطيسية بينهما متناسبة مع المقدار  $\frac{i_1 i_2}{r^2}$  ، إن قوة الكهرباء الساكنة متناسبة بالطبع مع المقدار  $\frac{q_1 q_2}{r^2}$  . وهذا يوضح العلاقة ما بين نظم القياس الكهربائية الساكنة والمغناطيسية .



يظهر الشكل الأيمن أن خطوط الحقل المغناطيسي تكون دوائر متركزة حول التيار  
وكتيجة لذلك تنحرف البوصلة عن موضعها الطبيعي . أما الشكل الأوسط فيظهر  
أن التيارين المتوازيين يطبقان كل منهما قوة جاذبة ناتجة عن حقلها  
المغناطيسي أما الشكل الأيسر فيمثل جيمس كلارك ماكسويل  
صاحب النظرية الكهربية للضوء

إن ذلك ليس أمراً غريباً . فلقد علمنا أن التيار الكهربائي ليس  
سوى شحنة كهربائية تتحرك بانتظام عبر الفضاء ، أو على امتداد سلك  
ما ؛ وإذا تحركت هذه الشحنة بسرعة قدرها سر فإنها ستنتج تياراً  
قدره كسر وستكون قوة الجذب المغناطيسي ما بين تيارين مماثلين هي  
كلاهما . وبعبارة أخرى يبدو واضحاً أنه من أجل الانتقال من  
نظام الكهرباء الساكنة إلى النظام المغناطيسي يجب علينا الضرب بمربع  
السرعة ، هنا وعلى الرغم من أننا نستطيع الاستمرار في الشرح إلا أن  
الأمر سيغدو شائكاً وكثير التعقيد . وهكذا فإن واحدة القوى الكهربائية  
يمكن في الحقيقة أن تحول إلى واحدة القوى المغناطيسية بالضرب بمربع  
سرعة الضوء .

نلاحظ هنا مرة ثانية أنه ليس من الغريب وجود سرعة الضوء

في نظرية ماكسويل التامة حيث شرح الضوء بدلالة حقول مغناطيسية وكهربائية متغيرة . وتؤكد نظرية ماكسويل أن لدينا طريقتين مختلفتين لقياس سرعة الضوء تعطيان الناتج نفسه : الأول هي مقارنة واحدة القوة المغناطيسية بوحدة القوة الكهربائية مخبرياً حيث ترتبط هاتان الواحدتان كما رأينا بمربع سرعة الضوء . أما الطريقة الثانية فهي قياس سرعة الضوء مباشرة عن طريق قياس الزمن الذي يستغرقه الضوء لقطع مسافة معلومة .

يبدو ذلك بمجملته رائعاً ، حتى إذا ماعدنا إلى نيوتن لوجدنا أن قوانينه قد شكلت لتسري في جميع المراجع العطائية ، فهي صالحة في المختبر الساكن وصالحة في القطار المتحرك فمن الطبيعي إذاً أن تسري قوانين ماكسويل في هذه الشروط ، ولكن مشكلة تبرز هنا ، إن حساب للقوة المغناطيسية بين تيارين يتطلب معرفة سرعة الضوء وربما كانت سرعة الضوء في المختبر معروفة ولكن ماذا عن سرعة الضوء في قطار متحرك . إن قوانين ماكسويل لا تذكر شيئاً عن قياس الضوء في هذا القطار فهل يجب أن تقاس السرعة باتجاه القطار أو باتجاه مخالف أو باتجاه معامد .

لنفترض أن شخصاً يسير بسرعة ثلاثة أميال في الساعة ضمن قطار يسير بسرعة ستين ميلاً في الساعة وبنفس الاتجاه فستكون سرعة الشخص بالنسبة للأرض ثلاثة وستين ميلاً في الساعة وبمناقشة مماثلة ستكون سرعة الضوء المتحرك من مؤخرة القطار إلى مقدمته مساوية لسرعة الضوء مضافاً إليها سرعة القطار . فإذا حسينا القوة المغناطيسية ما بين تيارين بناء على هذا الافتراض فسنجد أن هذه القوة مقاسة في القطار أكبر منها مقاسة في المختبر وذلك لا يتأق المنطق فقط بل يتأق



الملاحظة التجريبية . فعند قياس القوة المغناطيسية سواء في القطار أو المختبر نجد نتيجة واحدة . ما هو الخطأ في الأمر إن ؟ .

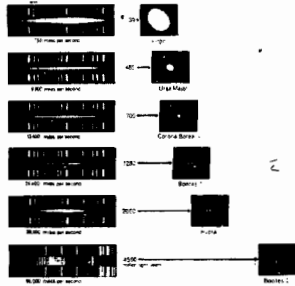
إن من غير المقنع من الناحية الفلسفية اعتبار أن قوانين نيوتن تعمل في شروط معينة وقوانين ماكسويل تعمل في شروط أخرى . إن الطريقة الوحيدة للخروج من هذا المأزق هي ادراك الغرابة التي تكتنف سرعة الضوء ، ولن تكون هنالك أية مشكلة إذا اعتبرنا سرعة الضوء ثابتة مطلقاً لا يتأثر بسرعة المصدر أو المستقبل . حينئذ ستعمل قوانين ماكسويل في جميع المراجع العطالية كقوانين نيوتن .

ربما بدت تلك الفكرة مخالفة للمنطق ولذلك شرع العلماء بالتأكد منها تجريبياً . وقد فكر ماكسويل نفسه بقياس سرعة الضوء في اتجاه دوران الأرض حول الشمس وفي اتجاه معامد ومقارنة النتائج . ثم إجراء هذه التجربة عام ١٨٨١ . على يد الفيزيائي مايكلسون ( A.A. Michelson ) ، واعدتها بمساعدة مورلي ( E.W. Morley ) بعد ست سنوات من ذلك .

إن هنالك عقبات هائلة تعيق إجراء مثل هذه التجارب على الأرض فالأرض تتحرك بسرعة ٦٦ ٦٠٠ ميلاً في الساعة ويكفي ذلك سرعة ١٨ ٢/١ ميلاً فقط في الثانية بينما سرعة الضوء هي ١٨٦ ٠٠٠ ميلاً في الثانية . فإذا كان هنالك ثمة اختلاف في سرعة الضوء في اتجاه دوران الأرض وفي اتجاه معامد فان هذا الاختلاف سيكون صغيراً جداً بالطبع . وفي الحقيقة فان الفرق الزمني المتوقع حسب التجربة هو ١ إلى ١٠٠٠٠٠٠ . ومع ذلك فقد استخدم القائمون على التجربة ومائل غاية في الدقة ووجدوا بأنه إذا كان ذلك أدنى اختلاف في سرعة الضوء حسب الاتجاهين المدروسين فانه أدنى من ١/٤٠ من الفرق الذي يمكن أن يفسر بسبب السرعة الإضافية للأرض في أحد الاتجاهين فقط دونما الاتجاه الآخر .

أظهرت هذه التجربة بأن القوانين المحددة لسرعة الضوء تختلف عن القوانين المحددة لسرعة الأشياء الأخرى ككرة المضرب ، وأن سرعة الضوء ثابتة ومستقلة عن كون المنبع أو المستقبل ثابتين أو متحركين. أنقذت فكرة ثبات سرعة الضوء قوانين ماكسويل ولكنها فتحت الطريق أمام مشاكل جديدة .

لقد تمخضت عن تجربة ألبرت آينشتاين « Albert Einstein » عن أن الجواب على المشاكل المطروحة يكمن في مشكلة لا تتعلق بكمية قياس الضوء ، وذلك كما سنرى الآن قاده إلى صياغة نظريتي النسبية اللتين تجسدان نظرية جديدة للجاذبية الثقالية : إن معرفتنا عن الكون وعن النظريات الكونية ستصل -حالا- إلى نقطة انعطاف مذهلة .



يظهر الشكل ألياف بعض السدم حيث يزداد الانحراف نحو الأحمر بازدياد المسافة أما الطيفين العلوي والسفلي فهما طيفان مخبريان وقد وضعناهما هنا من أجل المقارنة فقط . تدل السهام البيضاء على مدى انحراف خطي الكالسيوم وتدل الدراسة على أن طيف 3e295 ينحرف بشكل كبير يعني خطأ الكالسيوم نحو اليمين . وإن خطأً آخرى يجب أن تستعمل



عندما التقطت هذه الصورة لأينشتاين Einstein عام ١٩٥٤ في منزله في برينستون  
Princeton كان يبلغ من العمر خمساً وسبعين عاماً . وقد كانت برينستون  
موطناً له منذ عام ١٩٣٣ . لقد قضى السنوات العشرين التي سبقت وفاته  
في محاولة يائسة لايجاد نظرية توحد الأجزاء المختلفة للفيزياء  
الحديثة التي تشمل الثقالة والكهرطيسية وميكانيك الكم

## نسبية

إن القفزة الكبيرة التي ستحدث عنها الآن والتي انبثقت بسبب التضافر المدهش بين التقدم النظري والملاحظة التجريبية ، وهو ما يحدث بين الفينة والأخرى في تاريخ العلم . إن التقدم النظري الذي سنناقشه في هذا الفصل يخص اتحاد فرعين أساسيين من فروع الفيزياء هما الميكانيك ( ويشمل ذلك نظرية النسالة ) والضوء . لقد نبغ اتحاد العالمين نتيجة لطرح السؤال التالي : ١٠ هي الشروط التي بموجبها يستطيع المرء أن يثبت بأن حادثتين في مكانين بعيدين عن بعضهما هما حادثتان متزامتان ، أي تقعان في زمن واحد ؟ يبدو للوهلة الأولى أن طرح مثل هذا السؤال ليس سوى افتعال صعب لا مبرر لها : إن الزمن في الحقيقة اصطلاح مناسب نستخدمه في ترتيب الحوادث ( أي الأوقات التي جرت فيها الحوادث ) ونحن نفعل ذلك بالنسبة للحوادث القريبة منا بواسطة مقياسية اليد أو المقياسية المائيه أو احلى أدق المقياسيات الذرية . ولكن مهما تكن دقة الأجزاء الزمنية المقيسة فنحن نظل نرتب الحوادث القريبة في ترتيب معين . أما ترتيب الحوادث البعيدة فيحتاج إلى طريقة أخرى .

يعد آينشتاين الشخص الأول الذي قدر بأن فكرة تزامن الحوادث ليست بسيطة أبداً كما يبدو ، وهي أمر يحتاج للتعريف ، ولأجل ذلك

وضع في عام ١٩٠٥ ما يسمى بالنظرية النسبية الخاصة وهذه النظرية توحد في الحقيقة ما بين عالمي البصريات والميكانيك ولكنها تستثني البتالة التي تناولتها فيما بعد نظرية النسبية العامة . ولكي يزداد شرحنا وضحنا نبدأ بدراسة النظرية النسبية الخاصة .

لنعد الآن إلى مقولة آينشتاين بأن تزامن الأحداث في مسافات بعيدة هو أمر يحتاج للتحسين . وعندما يتمكن المرء من التحقق من هذا التزامن بطرق عملية يستلزم فعلاً أن يقول إن هذه الأحداث مترامنة . تتضمن الطرق العملية هذه بالضرورة نقل المعلومات من منطقة أحد الحوادث إلى منطقة حادث ثان أو من المنطقتين إلى مراقب عام . وإذا ابتدأ المرء بتعاقب هذه الطرق العملية فسيوضح له أن نوع الاشارات المستخدمة له أهمية خاصة . فيستلزم المرء استخدام اشارات مختلفة صوتية أو ضوئية . ونحن نعلم أن نتائجهما ليست متماثلة . وإن استخدام كلا نوعي الاشارات ربما قاد إلى وضع متناقض . عندما يراقب المرء حفارة للأوتاد عن بعد فسيبرى ضرب الوتد قبل سماعه الصوت المرافق له . إن مثل هذا التناقض يمكن أن يعال بالقول بأن سرعة الصوت تختلف عن سرعة الضوء ويظهر ذلك إذا أنه ينبغي التركيز على نوع واحد من الاشارات .

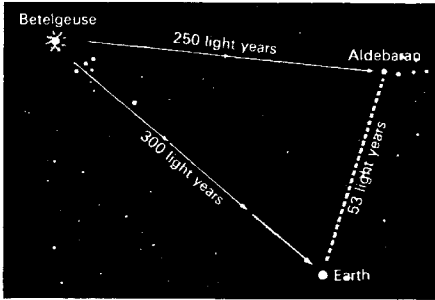
يقدم لنا الضوء الوسيلة الأسرع والأنسب في نقل الإشارة حيث يحتل الضوء مركزاً متميزاً في النسبية الخاصة بسبب نتائج التجارب الضوئية وبسبب كون سرعة الضوء فكرة غير بسيطة وتختلف عن سرعة كرة المضرب مثلاً . لقد تبين لآينشتاين أن كلا المسألتين، أي الغرابة الكامنة في سرعة الضوء والحاجة إلى تعريف التزامن لحدثين ،

بعيدتين يمكن أن تحلا في تجربة واحدة يستخدم فيها الضوء كواسطة لنقل الإشارة .

لتخيل الآن أن لدينا مراقبين أحدهما م ساكن في مرجع عطالي ويرصد مراقباً آخر أ ب يتحرك مبتعداً عنه في مرجع عطالي آخر (كسفينية فضاء مثلاً) ولنفرض أنهما ضبطا مقياسيهما عندما كان المرجعان منطبقين في مكان واحد . لنفرض الآن أن م أرسل ضوءاً أو إشارات راديوية نحو ب وسجل أوقات إرسالها . هذه الاشارات ستعكس من ب وسيُسجل م أيضاً أوقات العودة . إن فعل الانعكاس سيؤخذ كحادثه جرت عند ب . وهكذا فبتتالي الاشارات سيدرك م تتالي الحوادث عند ب . إن م يستطيع أن يحدد أوقات هذه الحوادث وأوقات حوادث أخرى تجري عند ب إذا توفرت لديه القاعدة التي تربط بين زمني ارسال الإشارة واستقبالها وبين زمن انعكاس هذه الإشارة .

إن مثل هذه القاعدة لا يمكن أن تتعين بصورة تجريبية لأن ذلك يعني وجود وسيلة يمكن بواسطتها محاكمة تزامن الحوادث ، في حين أن هدف البحث هو إيجاد هذه الوسيلة ؛ ومن ناحية أخرى فإن هذه القاعدة ليست اختيارية تماماً حيث يتضح جلياً أن الزمن المشير للانعكاس واقع ما بين زمني ارسال الإشارة واستقبالها . وفي الحقيقة إذا اعتبر كل من المراقبين أن الزمن مساوٍ للصفر لحظة ضبط المقياسيتين وأرسل المراقب م إشارة أولى اتبعها بإشارة ثانية بعد زمن يعادل ضعفي زمن ارسال الإشارة الأولى فسيستقبل جواب الإشارة الثانية في زمن يعادل أيضاً ضعفي زمن استقبال الإشارة الأولى وسيكون ب مبتعداً أيضاً بمقدار الضعفين . يبدو من هذه المحاكمة أنه من الطبيعي اعتبار زمن الانعكاس

الثاني مساوياً ضعفي زمن الانعكاس الأول . وبمحاكات مشابهة يمكن اعتماد قاعدة وحيدة وهي قاعدة بسيطة جداً لتحديد أزمان الحوادث البعيدة . وهي اعتبار أن زمن حادثة الانعكاس هو متوسط زمني الارسل والاستقبال ويسمى ذلك بقاعدة آينشتاين .



يعتبر تزامن الأحداث في مناطق لا تفصل بينها مسافات شاسعة كمناطق على سطح الأرض أمراً واضحاً ولكن هذا الوضع يختلف حينما تفصل بين المناطق مسافات شاسعة وعلى سبيل المثال فإن الضوء الصادر عن انفجار في منكب الجوزاء Betelgeuse لا يصل إلى الأرض وإلى برج الثور في وقت واحد وذلك بسبب التفاوت الهائل في المسافة وسيشير ذلك إلى توقيت مختلف للحدث

يمكن بهذه الطريقة شرح كل شيء من وجهة نظر المراقب  $M$  ولكن لما كان كل من المراقبين  $M$  و  $B$  يتحركان بحركة نسبية منتظمة فانهما يجب أن يعطيا أوصافاً متكافئة للظواهر الميكانيكية بسبب كونهما

ثابتين في مرجعين عطاليين . لنفترض الآن أن ب يحمل ميقائية مماثلة تماماً لميقائية م . ولنفترض ، حتى يكون الأمر أكثر خصوصية، أن م أرسل إشارة نحو ب بعد مضي ثانيه واحدة على التقائهما ولنفترض أن هذه الإشارة بعدما انعكست قفأت راجعة إلى م فحسب قاعدة آينشتاين يمكننا القول إن وقت الانعكاس على ب حسبما يعينه م هو متوسط وقتي الاصدار أي ( ثانيه واحدة ) ، والعودة . هل يعني ذلك أن ب سيسجل زمن وصول الإشارة من م كما تعطيه القاعدة ؟ يجب الإنتباه جيداً هنا حيث ذكرنا سابقاً أن قاعدة آينشتاين ليست تجريبية بل اصطلاحية في حين أن قياس ب الزمن هو حقيقة تجريبية وهكذا فلا تعطينا القادمة أي مبرر للافتراض بأن ب سيقيس زمن الإشارة القادمة إليه حسبما حددها م .

وعلى العكس من ذلك فإن نظرة أعمق إلى الأمور ترينا أن مثل هذا الافتراض مناف للمنطق . فلنفترض أننا نرى الأمور الآن وفقاً لوجهة نظر ب ولنفترض أن ب لا يحمل معه جهازاً مرسلًا في سفينته الفضائية بل يكتفي بعكس الإشارات الواردة من م . ولنفترض جدلاً أن الزمن المقيس من قبل ب لحوادث الانعكاس مساوٍ للزمن المعين من قبل م لهذه الحوادث وفقاً لقاعدة آينشتاين . إن التكافؤ الكامل ما بين م و ب في جميع المعايير يقتضي أن تكون المناقشة المذكوسة صحيحة ويؤدي أيضاً إلى أن الأوقات المقاسة من قبل م للحوادث القريبة مساوٍ أيضاً لتقديرات ب عن أوقات هذه الحوادث وفقاً لقاعدة آينشتاين وسنجد أنه من المستحيل لكلا الحالتين أن تتحققا وأن الطريقة الوحيدة للحفاظ على التناظر هو افتراض عدم التحقق .



يعتمد زمن عودة الإشارة المرسلة إلى  $M$  ، التي أرسلت في الثانية الأولى ، على مدى ابتعاد  $B$  وبالتالي يعتمد على مقدار سرعة الابتعاد ما بين  $M$  و  $B$  . لنفترض على سبيل المثال أن  $M$  و  $B$  يفصلان بسرعة يمكن أن تعيد الإشارة إلى  $M$  . بعد مضي ٤ ثوان على التقاء  $M$  و  $B$  وعند تطبيق قاعدة آينشتاين من أجل تحديد زمن الانعكاس على  $B$  من قبل  $M$  فإن ذلك يكون بأخذ متوسط الرقمين ١ و ٤ أي ٢,٥ وبفرض أن  $B$  سيقاس زمن الانعكاس بقدر مساوٍ أي ٢,٥ أيضاً وهذا يعني أن الإشارة انعكست عنده وبدأت بالحركة نحو  $M$  عند زمن قيس من قبل  $B$  ومقداره ٢,٥ ثانية .

لنفترض الآن أن  $M$  مراقب متعاون ، وأنه حالما استقبل جواب اشارته الأولى من  $B$  أرسل إشارة جديدة ونظراً لأن ذلك قد حدث بعد مضي ٤ ثوان على التقاء  $M$  ،  $B$  أي في زمن مساوٍ لأربعة أضعاف زمن ارسال الإشارة الأولى فسيكون كلاً من  $M$  و  $B$  قد ابتعدا أربعة أضعاف المسافة وسيكون زمن الانعكاس الثاني مساوياً أربعة أضعاف زمن الانعكاس الأول أي ١٠ ثوان .

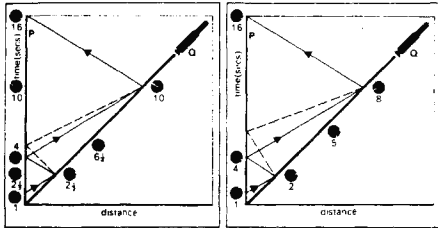
لنفترض أن الإشارة الأولى المنعكسة على  $B$  إلى  $M$  والإشارة التالية التي بثت من  $M$  يمكن اعتبارهما كإشارة متطابقة أصلاً من  $B$  ومنعكسة على  $M$  لتعود إلى  $B$  . يمكن حينئذ إجراء محاكاة مائة استخدام قاعدة آينشتاين في تحديد زمن الانعكاس على  $M$  وذلك بأخذ متوسط الرقمين ١/٢ و ١٠ أي ١٠/٤ ، ولكننا رأينا سابقاً أن هذه الحادثة قد قيس من قبل  $M$  كأربع ثوان . وهكذا فالتا نرى أن الزمن المعين عن بعد وفقاً لقاعدة آينشتاين يفوق الوقت المقيس محلياً بقدر كبير ( بحلود ٥٠ بالمائة

تقريباً ، ونظراً لأن الاعتبار القائل بأن تعيينات  $\mu$  ستبقى مع قياسات  $\beta$  قد قاد إلى نتيجة مفادها أن تعيينات  $\beta$  أكبر من قياسات  $\mu$  . فالتناقض أصبح واضحاً في حقيقة أن  $\mu$  و  $\beta$  متساويين في جميع الاعتبارات . إن اسهام آينشتاين كان بالطبع تعيين الطرق التي يختلف فيها  $\mu$  و  $\beta$  .

لقد برهن آينشتاين أنه إذا تحرك مراقبان بسرعة نسبية كبيرة ( تقارن بسرعة الضوء ) ، أحدهما بالنسبة للآخر ، فإنهما سيقاسان الأزمان بشكل مختلف ؛ أما حجم الاختلاف فيعتمد على هذه السرعة النسبية . وفي المثال المذكور كانت السرعة النسبية مساوية  $\frac{2}{3}$  سرعة الضوء . لقد أظهر آينشتاين أن تعيين الوقت أو الزمن للأماكن البعيدة سيكون أكبر من قياس الزمن بصورة محلية بمقدار ٢٥ بالمائة . وبعبارة أخرى فسيعين  $\mu$  الانعكاس على  $\beta$  بمقدار  $\frac{1}{4}$  ثانية في حين أن  $\beta$  سيقاسه بمقدار ٢ ثانية وسيعين  $\mu$  الانعكاس الثاني على  $\beta$  بزمن قدره ١٠ ثوان في حين أن  $\beta$  سيقاسه بمقدار ٨ ثوان وعند تطبيق قاعدة آينشتاين فإن  $\beta$  سيعين عودة الإشارة إلى  $\mu$  بمتوسط ٢ و ٨ أي ٥ ثوان ولكن  $\mu$  قد قاس هذه الحادثة بمقدار ٤ ثوان وسيظهر فرق ١/٢٥٪ المذكور مرة ثانية .

يجب أن يكون واضحاً أن هنالك طريقة وحيدة للربط ما بين أزمان الحوادث المعينة عن بعد وأزمان الحوادث المقاسة محلياً بما يتفق مع المنطق . إن جميع هذه المناقشة لم تعالج سوى نصف المشكلة ويجب البدء الآن بمناقشة النصف الآخر وهو الخصائص الغريبة لسرعة الضوء . في المثال العددي المذكور كانت  $\beta$  تتبعد عن  $\mu$  . وعين  $\mu$  لحادثة الانعكاس

الأول على ب زمناً مقداره  $2\frac{1}{3}$  ثانية فهو سيحين بالتالي المسافة التي تفصله عن ب بما يساوي  $(1 - 2\frac{1}{3}) \times \text{ص} = 1\frac{1}{3} \text{ ص}$  ، حيث  $\text{ص}$  هي سرعة الضوء ، وهذه هي المسافة التي يستطيع الضوء أن يقطعها خلال رحلة الإشارة . إن ب قد وصل إلى هذه المسافة خلال زمن مقداره ثانيتان ونصف ( حسب  $\beta$  ) وهكذا فسيحين  $\beta$  ب سرعة مقدارها  $\frac{1\frac{1}{3} \text{ ص}}{2\frac{1}{3}} = \frac{2}{3} \text{ ص}$  ( ولما كان كل شيء متناظراً بينهما فان ب سيقس نفس سرعة التراجع  $\beta$  ) .

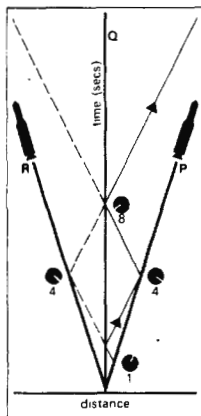


ليكن المراقبان أ ، ب بحيث يتحدان عن بعضهما في أطر عطالية مرجح وبعث يرسلان إلى بعضهما اشارات ضوئية . يرى على الشكل الأيسر أزمان انعكاس الإشارة على ب عندما يتحرك على مساره كما يحسبها أ وفقاً لقاعدة اينشتاين . إذا قبلنا هذه الأزمان وطبقنا نفس القاعدة نجد أن ب يحسب زمناً مختلفاً للإشارة التالية التي يصدرها أ ( الخط المنقط ) . وعندما يطبق ب ( الشكل الأيمن ) القاعدة حسب أزمته الخاصة فانه يغطي زمناً مختلفاً للاسدار . إن الخط المتصل يربط ما بين الأزمان المسجلة بين كلا المراقبين .

لنفترض الآن أن ب يرصد سفينة فضاء أخرى هي ح تبعد عن ب بخط مستقيم مناظر لمنحى م وبفس السرعة أي  $\frac{2}{3}$  ض . عندما ينظر نيوتن إلى مثل هذا الوضع فلن يتردد في القول في أن ح تبعد عن م بسرعة مقدارها  $(\frac{2}{3} + \frac{2}{3})$  ض =  $\frac{4}{3}$  ض ولن يتوافق ذلك مع المنطق بسبب أنه إذا كانت ح تبعد عن م بسرعة  $\frac{4}{3}$  ض فإن ح لن ياتقط الاشارات القادمة من م وسيكون ح غير مرئي من م وهذا لا يمكن أن يحدث لأن ب تستطيع أن تتصل ب ح وليس من الضروري حينئذ أن تصدر الاشارات عن ب ويمكن أن تأتي أصلاً من م . وأكثر من ذلك فإذا اتبعنا نفس الطريقة التي اتبعناها سابقاً فسنجد السرعة النسبية ما بين ح و م ، ومن الواضح أن هذه السرعة ستكون أقل من سرعة الضوء . وهكذا عندما نعين أزمان الحوادث بصورة منطوية نلاحظ الطبيعة الشاذة والمحددة لسرعة الضوء وذلك مفيد بسبب الصعوبات التي تعترض التجارب الضوئية .

ولكن إذا تم تدليل هذه الصعوبات فسيكون ذلك اهانة لآرائنا الطبيعية السابقة وأكثر الاهانات طرْحاً ما يتعاق بعمر مسافري الفضاء . لنفترض على سبيل المثال أننا نتعامل مع ثلاثة مراقبين م و ب و ح وانفترض أن ح يسافر بسرعة مقدارها  $\frac{2}{3}$  ض متجهاً نحو م وقد ابتدأ سفره من مسافة بعيدة أما ب فما زال يسافر مبتعداً عن م كالسابق . دعنا نبتدىء بالمراقبين م و ب اللذين ضبطا مقياسيهما على الصفر لحظة التقائهما . وحتى نعطي المثال صيغة مفهومة سنستخدم نفس الأرقام التي استخدمناها سابقاً ولكننا سنفترض الآن أن هذه الأرقام تمثل أياماً بدلاً من أن تمثل ثوانياً . فبعد يوم واحد سيرسل م الاشارة الأولى نحو ب

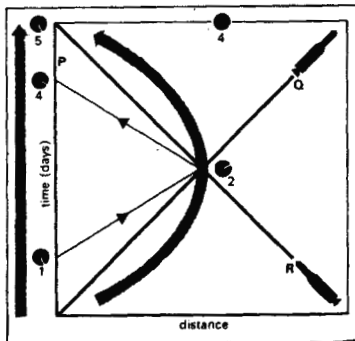
ولنفترض أن ب استقبلها في نفس اللحظة التي كان فيها متطابقاً مع ح  
 العائد بسفينة الفضاء . إن ب ( حسب مقياسه ) قادر على اخبار ح  
 بأنه قد غادر P منذ يومين . وهكذا سيتوقع ح نفسه أن يصل إلى P بعد  
 مضي أربعة أيام بعد ساعة الصفر ولكن P سيعين لقاء ب مع ح في اليوم  
 $\frac{1}{2}$  ٢ . وسيتوقع وصول ح إليه بعد ٥ أيام من رحيل ب .



إذا انطلق المراقبان ١ ، ب من ب باتجاهين  
 مختلفين وبسرعة تساوي  $\frac{3}{5}$  نس ثم أرسل  
 ١ إشارة نحو ح في اللحظة الأولى حيث عادت  
 إليه هذه الإشارة في اللحظة ١٦ . يجب عندئذ  
 السرعة ح بأنها  $\frac{16}{8.5}$  نس (حيث ٧.٥ =  $\frac{1-16}{2}$ )  
 وأن  $8.5 = \frac{16+1}{2}$  نجد حينئذ أن  
 سرعة ح مختلفة عما هو متوقع أي  $\frac{7}{5}$  نس .

تدعى هذه الحالة بتناقض الساعات ( على الرغم من عدم وجود  
 تناقض هنا ) . يمكن في حقيقة الأمر أن يمثل هذا الوضع وضعاً آخر  
 وهو انطلاق سفينة فضاء في الساعة صفر بسرعة  $\frac{3}{5}$  سرعة الضوء  
 بحاقه في الفضاء إلى مسافة شاسعة ثم متخذة طريق العودة بعد مضي  
 يومين اثنين نحو الأرض . وإذا أهمل التأثير المباشر للتسارعات الهائلة

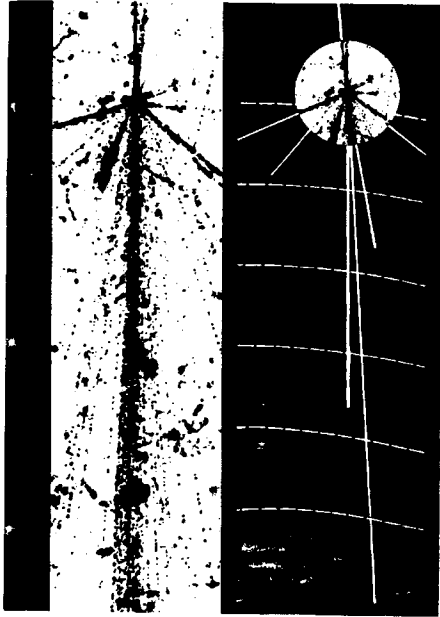
التي نحتاجها من محركات الصاروخ فان نفس الحساب السابق يظهر أن المسافرين على متن هذه السفينة سيكسبون يوماً من العمر بالنسبة للناس الباقين على الأرض . إن هنالك عدة أمور يجب ان تذكر هنا : أولاً من الممكن ترتيب التسارعات بطريقة لا تنعكس على تسجيل الوقت ، ثانياً ، لا يوجد تناقض في النظرية التي تنبأ بأن عمر المسافر بسرعة قريبة من سرعة الضوء سينخفض عن عمر المراقب الساكن الآخر بسبب عدم وجود تناظر بينهما، حيث أن المراقب الساكن بقي ساكناً في مرجع عطالي طوال الوقت ولكن المسافر لم يفعل وبسبب ذلك هذا المسافر أن يدعي بأنه قضى تقريباً كل نصف من الرحلة في مرجع عطالي.



التناقض في الساعات : إذا ضبط ه مقياساته عندما مر ب ب حسبما تشير إليه مقياسية ب ب في الفضاء . فانه سيقدر زمن وصوله إلى ا في اليوم الرابع أما ا الذي عين زمناً مختلفاً لبقاء بين ب ، ه مساوياً ليومين ونصف فيقدر زمن وصول ه إليه في اليوم الخامس وهكذا فالمراقب الذي تحرك اعتباراً من وضع السكون في مرجع عطالي وعاد إلى وضع السكون في نفس الوقت قد تأخرت شيخوخته أكثر من مراقب ظل في وضع السكون طيلة الوقت

ثالثاً ، هنالك سؤال يطرح نفسه : ما الذي يشاهده المرء مميزاً عما تتنبأ به النظرية ؟ فإذا كان الأمر يخص العميات البيولوجية فلا يوجد هنالك دليل تجريبي على أن عمر الإنسان يتبع نفس قوانين الزمن التي تستخدم في الفيزياء . ولما كان طول العمر مسألة تخص فناء الخلايا وتولدها فإن من المدهش جداً أن يتبع قوانين زمن أخرى . وإذا رغب المرء في تبني وجهة النظر هذه ليتفادى فرق طول العمر لدى مسافري الفضاء فلا يوجد حتى الآن أي شيء لدحض ذلك .

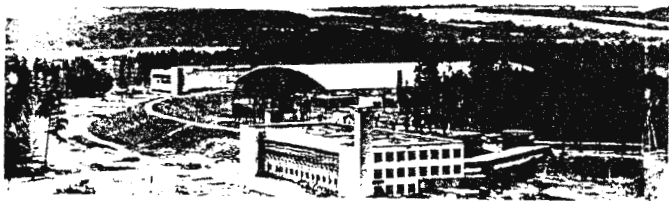
تختلف المسألة تماماً عن العميات الفيزيائية الصرفة وسنقدم دليلاً تجريبياً وافياً لما يسمى تمدد الزمن ؛ إن أكثر الأدلة وضوحاً تأتي من الأشعة الكونية وإن الوابل الرخو الملحوظ على سطح الأرض مؤلف بصورة أساسية من الميوميزونات ( Mu Mesons ) وهي جسيمات مشحونة ذات كتلة تبلغ مائتي ضعف كتلة الإلكترون ، وهي جسيمات معروفة بصورة جيدة في المختبر . وهي جسيمات غير مستقرة على الرغم من أن حياتها أطول من حياة معظم الجسيمات الأخرى . أما فترة حياتها التي قيس في المختبر فتبلغ حوالي جزء من مليون جزء من الثانية فإذا علمنا أن هذه الميوميزونات تصل عن طبقات الجو العالية التي تبعد عن سطح الأرض ما يقارب الستة أميال وعلمنا أن ميكانيك نيوتن العادي لا يسمح لها إلا أن تقطع مسافة ٦٠٠ ياردة خلال فترة حياتها حتى لو سارت بسرعة الضوء . إن هذه الميوميزونات تسير بسرعة تقارب سرعة الضوء مما يعطى من شيخوختها . لقد رأينا سابقاً أنه من أجل سرعة مقدارها  $\frac{c}{2}$  ض ببطء الشيخوخة بمقدار ٢٠ بالمائة ؛ وبصورة مشابهة ، فمن أجل السرعة المقاربة لسرعة الضوء يكون التباطؤ أكبر وهو محدود ٩٠ ٪ . بالنسبة للميوميزونات مما يشرح ملاحظه الكثير منها على مستوى سطح البحر .



إن هذا الشكل قد طبع على طبقة حساسة محمولة على منطاد يساعد في الغلاف الجوي للأرض أما الشكل الأيسر فيمثل اصطداماً يحدث بين النوى في الغلاف الجوي للأرض ينتج عنه وإبل من الميونيزونات  $\mu$  - mesons التي تسير بسرعة تقارب سرعة الضوء . أما الشكل الأيمن فيمثل تحللاً لهذا يحدث خلال فترة وجيزة لا تزيد على اثنين من مليون من الثانية تستطيع أن تقطع خلالها ٦٠٠ ياردة . إن وجود السرعة العاليه يجعل الزمن يتباطأ مما يسمح للميونيزونات بالوصول إلى الأرض بأعداد كبيرة وقد قطعت بذلك عشرة أمثال المسافة السابقة



نشر آينشتاين النظرية النسبية الخاصة ، والتي هي بصورة جوهريه  
 ما نحن بصددده الآن : عام ١٩٠٥ . أما تفاصيلها الرياضية فقد نشرت  
 لوحدها قبل عام من ذلك من قبل لورنتس ( loren-tz ) . وقد  
 ظهرت أيضاً عام ١٩٠٥ نشرة مماثلة وضعها بوانكاريه ( poin caré )  
 فمن العدالة القول اذاً أن هذين العالمين لهما نفس وجهة النظر التي  
 فصلانها ويكون آينشتاين هو الشخص الأول الذي أدرك المعنى الفيزيائي  
 العام للتحويلات .



يظهر الشكل الأعلى مسار سنيكترون  
 صخفي سيربيركوف-Serpur khov-  
 في الاتحاد السوفيتي تحت سائر أرضي .  
 يستطیع هذا السنيكترون تسريع  
 البروتونات إلى سرع تقارب سرعة  
 الضوء . ويظهر الشكل الأدنى جزءاً  
 من انبوب مفرغ تسرع ضمنه البروتونات  
 إلى حالة عالية نهائية من الطاقة .

## علم الميكانيك ونظرية النسبية :

يجب على مخطوتنا التالية أن تربط بين جميع ما درسناه وبين علم الميكانيك ، وحينما نحول التوفيق بين هذه الآراء والميكانيك بصورة عامة وذلك لانت الانتباه إلى أهم أجزاء الميكانيك التي ناقشناها حتى الآن ألا وهي المثالة فان السؤال الذي يتوارد إلى الأذهان هو مقدار التعديل الذي يمكن أن يطرأ على تعريف التسارع في نظرية نيوتن . إن لدينا طريقة وحيدة للشروع في ذلك فنحن نعلم ، على الأقل من أجل السرعة الصغيرة بالمقارنة مع سرعة الضوء ، أن ميكانيك نيوتن دقيق تماماً وبالتالي فلنكن يمكن تعميم هذا الميكانيك يجب علينا أن نتأكد من أن تقريب السرعة الصغيرة هو نيوتني .

ومن ناحية أخرى لا بد أن تكون هنالك بعض التغييرات عندما تزداد السرعة ، فالتسارع يمكن أن يرتبط إما بالسرعة الإضافية أو بتغير السرعة المرتبطتين بالقوة الفاعلة . إن كلا هذين المفهومين المرتبطتين تماماً وبصورة نموذجية بميكانيك نيوتن لا بد أن يختلفا هنا ، فعندما تؤثر قوة على جسم فان سرعة اضافية ستضاف إلى سرعته الأصلية . هذه السرعة ربما لا تشكل أي فرق إذا كانت السرعة الأصلية قريبة من سرعة الضوء . لقد طرح نيوتن فكرة الثابت العددي الذي أسماه الكتلة ليقين المدى الذي يتوهم به الجسم أفعال القوى ولما كان تغيير السرعة الزرية من سرعة الضوء أمراً صعب التحقيق فان ذلك يظهر الزدياداً في الكتلة الظاهرية عندما تكون السرعة عالية .

وفي الحقيقة فان استخدام كلمة التسارع لقياس السرعة الإضافية أو لقياس معدل ازدياد السرعة ، هو مسألة ملائمة فقط . إن الحل

الملائم لا يتمثل في هذين الأمرين لأنهما يعتمدان وبصورة معقدة على السرعة الأصحية للجسم ، وذلك مر بـك ، لأن السرعة بحذ ذاتها مقيسة بالنسبة لمراقب معين وتختلف كما يختلف التسارع عند اختلاف المرجع العطالي للمراقب .

وفي الحقيقة ، فبالنسبة لقضية اختلاف الحركة وفقاً للمراقب ، لا بد من وجود وضعية معينة لهذا المراقب في كل لحظة من اللحظات تجعله يستطيع إعطاء وصف قيم للحركة ، أكثر مما يعطيه غيره . هذا المراقب هو بالطبع المراقب الذي يتحرك بنفس سرعة الجسم المتحرك لحظة دراسة الحركة وبالتالي يكون الجسم المتحرك بالنسبة له ساكناً . إن وصف هذا المراقب له قيمة خاصة لأننا نعلم بأنه كلما انخفضت السرعة كلما طبقت قوانين نيوتن بدقة أكبر ، وبناء عليه فإن أفضل تطبيق لميكانيك نيوتن يكمن في المرجع العطالي الذي يكون فيه الجسم ساكناً ويدعى ذلك بالبلع المرجع الساكن . نستطيع بعد ذلك تعريف التسارع في المرجع الساكن . وهو تسارع نيوتن . وبالطبع فليس من الضروري دوماً تشكيل مرجع ساكن في كل لحظة من اللحظات حتى نتمكن من حل المشاكل في الميكانيك ، فبإمكاننا وعن طريق استخدام بعض التحريلات الجبرية إيجاد بعض الصيغ التي نستطيع بواسطتها تقرير حركة الجسم بتأثير قوى معطاه أي في أي مرجع عطالي ولكن يجب الإتيان إلى الشروط المحددة التالية ، أي إلى ضرورة استخدام المرجع العطالي ومعرفة التوى فيه وحتى يتم ذلك فإن علينا إيجاد صيغ بديلة للجداء كسر للجسم ذو كتلة ك يتحرك بسرعة قدرها سر وذلك في الميكانيك النيوتني .

إن الطريقة المثلى لاكتشاف هذا الجداء هي دراسة تصادم كائنين ،  
ثم مقارنة النتائج عبر مراقبين متحركين بحركة نسبية منتظمة . وبالنسبة

نجد أن تعريف الجداء ك سر يصبح 
$$\frac{ك سر}{\sqrt{1 - \frac{سر^2}{ص^2}}}$$
 . إن هذا

التركيب يتفق كاية مع التركيب النيوتني . فإذا كانت قيمة  $\frac{سر}{ص}$   
صغيرة جداً كان الناتج قريباً جداً من ك سر . أما إذا ازدادت السرعة  
سراً فسيأخذ التركيب الجديد قيمة أعلى وإذا استخدم المرء طريقة الصدم .  
والتي هي من إحدى طرق قياس الكتل في المختبر ، لقياس الكتلة فسيلاحظ  
أن زيادة الجداء ستعطي زيادة في الكتلة أي أن الكتلة المقاسة هي :

$$\frac{ك}{\sqrt{1 - \frac{سر^2}{ص^2}}}$$
 . ولن تكون الكتلة حينئذ مقداراً ثابتاً كما في  
ميكانيك نيوتن .

نتعرض آراءنا السابقة هنا مرة ثانية إلى مأزق . بسبب الصفة  
الضيقة جداً لتجربتنا اليومية ، ولكن ليس هنالك في الحقيقة أي تعارض  
مع المنطق ، فنحن نفكر غالباً بالكتلة وفقاً للمصطلح النيوتني على أنها  
مقدار ما تجمع في الجسم من مادة . أما من أجل تحديد قيمتها العددية  
فلا بد من اعتماد طرق تجريبية ، ولا يبرر ازدياد الكتلة فقط بالصور  
الفوتوغرافية المجراة على مسارات الجسيمات المتحركة في غرفة الضباب  
( Cloud chambre ) ولكن يبرر أيضاً بآلية حركة الجسيمات  
في حثافات مسرع الجسيمات ونستطيع القول بأن أدنى خلل في ميكانيك  
النسبية الخاصة في هذه المنطقة سيؤدي إلى خسارة ملايين الدولارات .

ويجب أن نشير هنا إلى أنه كلما اقتربت سر من ص : كلما أصبحت الكتلة أكبر وبالتالي نحتاج إلى قوى أعظم لتسريع الجسيمات التي تسير بسرعات عالية . تعد صيغة الكتلة المذكورة مظهراً جديداً من مظاهر سرعة الضوء على أنه سرعة حدية لا يمكن تجاوزها فهي ليست فقط أسرع الإشارات المعروفة بل هي سرعة ثابتة بالنسبة للجميع المراقبين ، ويتعذر تسريع الجسيمات إلى سرع أعلى منها ، ومرد ذلك لزيادة كتلة الجسيم مع سرعته . ما هو أصل ازدياد الكتلة بازدياد السرعة ؟ في الحقيقة نستطيع أن نتلمس دليلاً إذا لاحظنا :

$$\left( \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \right) = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad \# \quad \left( 1 + \frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2} \right)$$

فمن أجل القيم الصغيرة  $\frac{v^2}{c^2}$  تكون الكتلة المقيسة مساوية للكتلة الساكنية ( الموافقة للسرعة صفر ) مضافاً إليها حد متناسب مع الطاقة الحركية طح =  $\frac{1}{2} ك v^2$  ويكتب ذلك كما يلي :

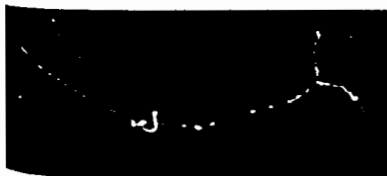
$$ك = ك_0 + \frac{طح}{c^2}$$

ويمكن أن نكتب أيضاً هذا التقريب على الشكل التالي :

$$ك v^2 = ك_0 v^2 + طح$$

وقد ترجم أينشتاين الحد  $ك_0 v^2$  بالطاقة الكلية المؤلفة من الطاقة الحركية طح بالإضافة إلى الطاقة الساكنة  $ك_0 v^2$  والتي يملكها الجسيم حتى لو كان ساكناً وينتج من ذلك أنه إذا تم تحطيم جزء ولو يسير من كتلة ساكنة ، بطريقه ما ، فإن الطاقة الناتجة ستكون عظيمة وذلك في الحقيقة

بسبب الحد ض<sup>١</sup> ( الذي يساوي حوالي ١٠<sup>١٠</sup> سم<sup>٢</sup> ثا<sup>٢</sup> في جملة  
الوحدات السغوية ) . ونرى أثر استخدام هذه الطاقة سواء في الخير أو  
الشر ، وسواء في التنبؤ الذري أم في محطة الطاقة النووية . إن لهذه  
التعديلات في الميكانيك قيمة بالغة الأثر في مناقشة موضوع الجاذبية  
الذي سنعود إليه الآن .



تجارب شامبيون التي أجريت عام ١٩٣٢ على اصطدام الكترونات متحركة بالكترونات  
ثابتة . يظهر الشكل الأيسر اصطداماً منخفض الطاقة بحيث تكون الزاوية المتشكلة  
بين المسارين بعد الاصطدام محدود ٩٠ درجة . يظهر الشكل الأيمن  
اصطداماً عالي الطاقة وتكون الزاوية الناتجة أدنى من ٩٠ درجة ويعود  
ذلك إلى ازدياد الكتلة بازدياد السرعة

### الثقالة :

إن من المناسب عند البدء في هذا الموضوع تذكر الشروط التي  
تم بموجبها تعميم علم الميكانيك<sup>١</sup>، فنحتاج إلى تعيين المرجع العقالي وإلى  
تعيين القوى المؤثرة . إن هذه الشروط محتزمة وبدرجة عالية من التقريب  
بالنسبة إلى جسيمات مشحونة تتحرك في حقل كهرومغناطيسي ضمن المختبر .  
ولكن في حالة حقل الثقالة لا توجد تجارب كافية لتمييز قوى العقالة  
في مرجع عن قوى العقالة في مرجع آخر . وبصورة أكثر دقة ليس

من الممكن تمييز القوى الثقالية بصورة مستقلة عن القوى الأخرى الناجمة عن التحويل إلى المرجع العدالي . وستختاط الأمور ببعضها . وقد تصدى أينشتاين لحل هذه المشكلة بعد عشر سنوات من صياغته للنظرية النسبية الخاصة عام ١٩٠٥ .

نحن لا نتحدث عادة ، كما شرحنا من قبل ، عن القوى الثقالية ما بين الأجسام . لأن التعامل مع هذه القوى لا يعد أمراً مناسباً ، بل حول الحقل الثقالي المحيط بالجسم ونستطيع القول أننا إذا كنا على سبيل المثال قريبين من سطح الأرض فسنجد أن أي جسم ، إن ترك من وضع السكون ، فسيقع بتسارع معين نحو الأرض . هذا التسارع كما رأينا سابقاً ، بخلاف ما يحدث في الكهربية ، لا يعتمد على كتلة الجسم ويخالف في ذلك حالة الجسم ضمن حقل كهربائي ، حيث يعتمد التسارع حينئذ على كل من الشحنة والكتلة . إن تسارع الجسم الثقيل في حقل الثقالة ، يساوي تسارع الجسم الخفيف وبالطبع وضمن الظروف اليومية يلمس ذلك غامضاً إلى حد ما بسبب الظروف الدخيلة مثل مقاومة الهواء . ومع ذلك فإن لدينا في هذه الأيام أكثر من دليل ملموس على الطبيعة الشاملة للحقل الثقالي الذي نتحدث عنه أكثر من مجرد سقوط الأجسام القريبة من سطح الأرض فرواد الفضاء مثلاً خبروا ظاهرة انعدام الوزن في تابع ( قمر صناعي ) يسقط سقوطاً حراً في حقل الجاذبية ووجدوا أن انعدام الوزن لا يصيب جزءاً من الأجسام ويترك جزءاً آخر أو أن بعض الأجسام معدوم الوزن في إحدى المناسبات وأن بعضها معدوم الوزن في مناسبات أخرى ، فالتابع عندما يسقط سقوطاً حراً يصاب كل شيء فيه بانعدام الوزن . نجد من ذلك أن تأثير حقل الثقالة قد اسقط تماماً . عند النظر إلى الأمور من وجهة نظر المرجع

العطالي الساقط بصورة حرة في حقل الثقالة وذلك صحيح نظراً للطبيعة العامة التي يتسم بها هذا الحقل وهي أن تسارع الأجسام لا يعتمد على كتلتها .



يكون الإنسان في الفضاء معدوم الوزن وسواء كان موجوداً ضمن سفينة الفضاء أو خارجها فهو لا يمتلك أي تسارع بالنسبة لأي جسم موجود في جوار المباشر

لقد عرف غاليليو أهمية هذه الحقيقة . وقد استعانت في التطور الأخير لميكانيك لتبسيط الرياضيات من أجل وصف حركة الكواكب بنفس الطريقة التي ناقشنا بها الأمر في الفصل السابق . ولكنها لم تدخل بصورة أساسية في النظرية . حيث تم التأكيد في ثقالة نيوتن على طبيعة الحقل المتناصفة مع مربع البعد ، وهذا ما ناقشناه أيضاً سابقاً .



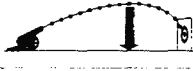
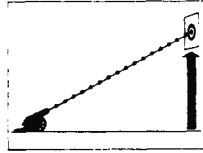
ومن أجل التبسيط لنناقش بصورة أكثر دقة شمولية الثقالة بغض النظر عما ذكرناه حول ضرورة تعديل آرائنا حول موضوع تزامن الأحداث البعيدة وبغض النظر أيضاً عن التحويلات التي يمكن أن تجري بين المراجع العطالية ، لنناقش الوضع يرمته من وجهة النظر النيوتنية الصرفة : ولكي يزداد شرحنا وضوحاً سنعرض لمسألة خاصة درسها غاليليو في السابق أيضاً ، وهي مسألة حركة القذائف : فعندما تلقي حجراً في الهواء ستلاحظ أنه يتخذ مساراً منحنياً . وفي الحقيقة ، فإن هذا المنحنى معروف تماماً بالنسبة للاختصاصيين في علم الهندسة ويقع تحت اسم القطع المكافئ . ولقد استخدم نيوتن وأتباعه خواص القطع المكافئ في وضع نظرية القذائف . وليست خواص القطع المكافئ معروفة بصورة جيدة في الوقت الحاضر ، ومن المتع ملاحظة أن شمولية حقل الثقالة والقلرة على استبعاد هذا الحقل تدفعنا لاعادة النظر في حل مسألة القذائف وذلك بالاستفادة من رواد الفضاء عند النظر إلى الأمور من وجهة نظر المرجع الذي يسقط سقوطاً حراً .



هل استفاد نيوتن من التصوير الفوتوغرافي باستخدام وميض الضوء؟ تظهر دراسة نيوتن أن القذيفة ( في هذه الحالة كرة الغولف ) تتخذ مسار قطع مكافئ بعد إطلاقها ويساوي التباطؤ عند مناداة مستو أفقي معين التسارع عند العودة إليه .

دعنا نعالج قضية خاصة وهي قضية إطلاق قذيفة ذات سرعة ابتدائية بحيث تصيب هدفاً ، من أجل التبسيط ، واقمأ في نفس منسوب الإطلاق ، وسنكون نحن واقعين بنفس المستوي أيضاً . نلاحظ أن شكل مسار القذيفة في حالة المرجع الذي يسقط سقوطاً حراً أبسط بكثير . فنظراً لسقوط الجملة سقوطاً حراً لا تؤثر عليها أية قوة ثقالة وستتحرك التقليدية ضمن هذا الإطار المرجع بخط مستقيم وبسرعة منتظمة والصعوبة الوحيدة هي أن الهدف في هذه الحالة ، بدلاً من أن يبقى ساكناً فإنه يصعد نحو الأعلى بتسارع منتظم ونستطيع ، بسبب ذلك حساب الارتفاع فوق المدفع بمعرفة الزمن المستغرق للوصول إلى الهدف .

يمثل الشكل الأعلى حركة قذيفة بالنسبة لمراقب ثابت بالنسبة للدفع أما الشكل الأسفل فيمثل الوضع بالنسبة لمراقب يهبط هبوطاً حراً .



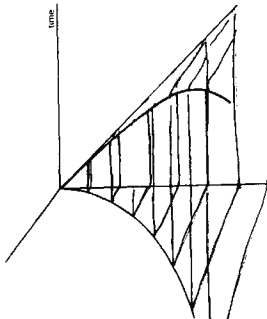
إن هــالك طريقة أخرى للنظر إلى هذه المسألة ، وهي طريقة مساعدة لأنها تؤكد على أن المنهج الذي وصفت فيه التأثيرات دوماً على أنها فيزيائية قد تحول إلى وصف رياضي في خلفيته ، ففي المرجع الذي يسقط سقوطاً حراً تكون المسارات المحتملة للقذيفة عبارة عن مستقيمات ونحن نعلم أن ( إذا ما استثنينا النقاط ) المستقيم هو أحد العناصر الأساسية المشكلة للفلسفة الاقليدية ولا بد في الحقيقة أن تقابل كل خاصية من

خواص المستقيم ، انطلاقاً مما ذكرناه ، خاصة من خواص التقاطع المكافئ ( وبصورة عامة أعتد منها ) تظهر عند اجراء التحويلات على الخواص السابقة . وهكذا بدلاً من اجراء التحويل نستطيع البدء بهذا النوع الجديد من الهندسة التي نستعير فيها وبصياغة مناسبة عن جزء الخط المستقيم في الهندسة الاقليدية بقطع مكافئ . نستطيع بعد ذلك أن نصف التقاطع المكافئ بأنه المسار الطبيعي في الهندسة ، ونستنتج بذلك أن التدفئة تتحرك على هذا المسار بحيث لا تؤثر عليها أية قوى ، وبعد ذلك تعميماً جزئياً لقانون نيوتن الأول .

إن الأمور في الحقيقة ليست بسيطة إلى هذا الحد بسبب دخول عامل الزمن : ان التدفئة ترسم خطها المستقيم في سرعة ثابتة مما يدعونا للتوسع قليلاً في أفكارنا الهندسية بحيث لا نعني بالنقطة على أنها نقطة فقط ، كما بالنسبة لكعب الهندسة ، بل نقطة مرتبطة بزمن ، أي حادثة . وعندما نرغب في الاستمرار في تمثيل الأشكال الهندسية على قفلة من الورق تحتوي على بعدين فقط . نحتاج إلى بعض التقنيات المرتبطة بالمفهوم الذي هو وسيلة تمكننا من جعل ترتيب الأشكال والخطوط ذات البعدين تبدو وكأنها واقعة في ثلاثة أبعاد ( عندما نتلرب على النظر إليها بهذه الطريقة ) انه بالطبع أمر معتد ، لذلك فمن الأسهل لنا أن نمسك عن رسم الصور نهائياً إلا في الحالة الأبسط عندما تقع جميع الحوادث على خط مستقيم ، أي في بعد واحد ، بعد ذلك نستطيع استخدام الخط الأفقي على الورقة وذلك بمقياس مناسب لتعيين زمن الحوادث ، وهكذا فإن النقاط على الورقة هي صورة مؤلفة من مجموعة حوادث .

الآن يمكن أن تمثل مجموعة الحوادث المناظرة للمواقع المتتالية

للجسم المتحرك بسرعة ثابتة على خط مستقيم « ببساطة بخط مستقيم أيضاً ، يعتمد ميل هذا الخط على سرعة الجسم . وعندما تنتقل إلى صورة القطع المكافئ ، تعني الطريقة الجديدة في النظر إلى الأمور أن عاينا استخدام ثلاثة أبعاد أحدها للزمن . ويتميز القلع في هذه الصورة إلى منحني ذو ثلاثة أبعاد كثير التعقيد . ولا يؤثر هذا التعقيد . بهذه الطريقة على هندسة الثقالة .



لقد مثلنا الزمن في الشكل بالا اتجاه الشاقولي ، أما الحركة ومن أجل التبسيط فهي حركة قذيفة منطلقة أفقياً ، أي من خط عمودي على هذه الصفحة وإذا انعدمت قوة الجاذبية كما في حالة مراقب يسقط سقوطاً حراً فإن القذيفة ستتابع حركتها على هذا الخط المذكور أما إذا كانت هناك قوة جاذبة فاعلة في المستوي الأفقي في اتجاه عمود على القاري . فسينحني المسار ويتخذ شكل قطع مكافئ . إن المواضع المتتابعة للقذيفة على مسارها ستتم في لحظات متتالية من الزمن وهكذا يمكن أن تمثل القذيفة في كل موضع في شكل ثلاثي الأبعاد بعادته إن زمن الحادثة يمكن أن يمثل بالا ارتفاع المواضع النقطية فوق نقطة الاطلاق . يمكن بالإضافة إلى ذلك إسقاط الحوادث الناتجة على خط مستقيم يسمى خط الحوادث

يتضح من هذا المثال ، أننا نستطيع أن نحذف حقل الثقالة بواسطة تحويل ما ، على الرغم من كون هذا التحويل لا يجري بين مراجع عطالية كالتى ناقشناها في الفصل السابق. لدينا هنا (كما طرح أحد العلماء الأمريكيين ) امكانية « ثقالة بدون ثقالة » . وإذا تمكن المرء من إعادة صياغة بقية قوانين الفيزياء بطريقة لا تتغير عند اجراء التحويلات بين المراجع العطالية فان أية مسألة ، تخص ظاهرة فيزيائية ، في حقل الجاذبية يمكن أن تحل أولاً بواسطة التحويل إلى مرجع خال من الثقالة . ثم التحويل مرة أخرى إلى المرجع الأصلي .

هل الثقالة خدعة بحتة ؟ كلا ليس تماماً . نواجهنا هنا في الحقيقة صعوبتان الأولى هي القدرة على صياغة المسألة الأصلية عند الانتقال إلى مرجع عطالي جديد متسارع بالنسبة للمرجع العطالي الأصلي ، ويمكن أن يشكل ذلك ترتيباً مطولاً ؛ على الرغم من صحة القول بأن الصعوبات المتضمنة فيه ذات صفة رياضية ، أي أنها تعتمد فقط على براعة الفيزيائي الذي يجري الصياغة ، وأكثر من ذلك أن مناقشة القذيفة قد تمت في حقل ثقالي منتظم ، وفي الحقيقة فان الحقول الثقالية تكون منتظمة بصورة تقريبية جداً . فالحقل القريب من سطح الأرض هو حقل منتظم ، ولكن حالما ندخل مسارات الكواكب بالحسبان يسري قانون عكس مربع الحقل ولا يوجد هنالك تحويلات متسارعة تستطيع أن تحذف تأثير هذا القانون فاذا أجرى المرء التحويل المناسب في نقطة معينة أو في جوارها فان الحقل يتغير إن ابتعد المرء قليلاً عن هذه النقطة ويجب أن يجري التحويل حينئذ من جديد .

إن حقل الثقالة النيوتني هو في الأصل نوع من الخدعة ، حيث

يمكن لهذا الحقل أن يحذف في أية نقطة كما رأينا ، وما يهمنا بالفصل هو الطريقة التي يختلف فيها هذا الحقل ما بين نقطتين ، وذلك بالطبع ليس خدعة ، إن فكرة الحقل الثنائي تقدمت بذلك خطوة واحدة نحو الأمام ، فالحقل يمكن أن يحذف إذا كان المرجع يسقط سقوطاً حراً ولكن مالا يمكن حذفه هو الطريقة التي يتغير بها هذا الحقل من نقطة لأخرى . إن جميع هذه الأفكار يمكن أن تستخدم في ميكانيك نيوتن بطريقة مقنعة وممتعة . إن ما يهمنا هنا شيء مختلف تماماً .

لقد استخدم أينشتاين تقديم الثقالة على هذه الصورة للربط ما بين الثقالة والنظرية النسبية الخاصة التي أسسها عام ١٩٠٥ ، وبغض النظر عن تحويلها عام ١٩١١ ، فقد توصل أخيراً إلى صيغته كاملة للنظرية النسبية العامة عام ١٩١٥ . وما تقدمه هذه النظرية بصورة أساسية هو وصف للمراجع العطاليه ، كما فعلنا بالقسم الأول من هذا الفصل ، حيث يدخل الزمن فيها بطريقة معقدة . باحداثيات مكانيه مما يخالف ميكانيك نيوتن وتتضمن النظرية أيضاً مسألة ربط ذلك لتشكيل تحويلات متسارعة تهدف مثلاً لحذف حقل الثقالة في احدى النقاط .

هنالك سؤال هام يطرح نفسه : ما هي التحويلات التي يمكن اجراؤها الآن ما بين الاحداثيات المكانية - الزمانية . إن الإجابة عن هذا السؤال بسيطة جداً من وجهات نظر معينه ومعقدة للغاية من وجهات نظر أخرى لأن الاحداثيات المكانية - الزمانية الجديدة في الحقيقة لا بد أن تعتمد على الاحداثيات المكانية - الزمانية القديمة دوماً تقريباً ( حيث اعتبرت بعض شروط الاستمرار أي أن النقاط المجاورة لها احداثيات متساوية تقريباً وهو ما يفترض بصورة طبيعية ) . ونظراً لاحتمية اجراء

هذه التحويلات يجب كتابة المبادئ الفيزيائية بحيث تحفظ بشكلها العام بعد اجراء هذه التحويلات عليها ؛ ويعرف ذلك بمبدأ التغير المسير العام ، للنظرية .

قبل أن نتابع دراستنا من الأفضل أن نوضح ما يتضمنه ذلك . إن الهدف الرئيسي من اعتبار حقل الثقالة في نظرية نيوتن بدلاً من اعتبار قوى الثقالة ما بين جسمين هو أنه يساعد كثيراً في صياغة وحل المسائل المعقدة في النظرية . لننظر في مسألة شكل الأرض ، ولنبسّط الأمور كثيراً أيضاً ، فنتطرح السؤال التالي : « ما هو الشكل المفترض لسائل مثالي غير قابل للانضغاط عندما يدور ؟ » . بالطبع ان الأرض لا تتألف من سائل كهذا ، ولكن الافتراض بأنها مؤلفة منه هدفه التبسيط و اظهار تأثير حقل الثقالة . ونظراً لأن السائل يدور فسيكون كروياً تقريباً ومتسطحاً عند الأقطاب ( كما هو الحال بالنسبة للأرض ) ولكن إلى أي مدى ؟ . إن حل مسألة شكل الأرض يجب أن يوازن ما بين تأثير الدوران الذي يسبب الانتفاخ عند خط الاستواء وتأثير الجذب الثقالي لأحد أجزاء السائل على جزء آخر فيه . هذا التأثير لا يمكن أن يعين بدقة إلا إذا عرفنا شكل الكتلة . وفي الحقيقة فإن النظرية الرياضية تقدم لنا سبيلاً لحل هذه المسألة وتتضمن تقنية هذا الحل تشكيل نظرية حقل ثقالي تحقق معادلات معينة ومن ثم تحل هذه المعادلات بشكل مشترك مع مراعاة التوزع المتوازن للمادة . ويمكن البرهان ، في ثقالة نيوتن ، على أنه يمكن تعيين الحقل في كل مكان بدلالة رقم يدعى الكون الثقالي ( إن قوة الحقل الفعلية في نقطة ما تعين بعد ذلك حسب سرعة تغير الكون عندما يتم التحرك من نقطة إلى نقطة مجاورة أما اتجاه الحقل فيعين حسب الاتجاه الذي يبقى معدل التغير أعظماً ) .

تبدو النظرية النسبية العامة للوهلة الأولى مغايرة للمألوف فالحقل الثقالي يعبر عنه بوصف ذي خلفيه هندسية ، ( يتضح عند دراستها انها ليست كذلك ) تتغير تبعاً للنقاط المختلفة وبالتالي فان هنالك مقادير معينة « تدعى بالمعاملات المترية العشرة » تختلف حسب هذه الهندسة . وتوصف هذه المعاملات بدلالة قيمها التعديل الطارئ على هذه الهندسة . وفي الحالة الخاصة لحسم يتحرك ببطء ( بالنسبة لسرعة الضوء ) وفي حقل ثقالي ضعيف ( وهو أي حقل تقابله في الثقالة النيوتني ) يتغير فقط أحد المعاملات المترية العشرة بمقدار ثابت عن مضاعف النظرير الكوموني النيوتني للمسألة . وفي الحالة المعقدة التي تقابل حركات سريعة أو حقولاً قوية نحتاج إلى جميع هذه المعاملات المترية العشرة .

نستطيع بعد ذلك كتابة معاملات الحقل المقابلة للمعاملات المترية . هذه المعاملات لا تعني حقل الثقالة النيوتني الأصلي لأن هذا الحقل يمكن أن يستبعد ولكنها تعين الطريقة التي يتغير بها ما يقابل الحقل الأصلي من نقطة لأخرى . من المفيد أن نلاحظ هنا ، نظراً لأننا سنتهم بالطريقة التي تتغير بها الكمية المشابهة للحقل النيوتني من نقطة لأخرى ، أن التغيرات في المعاملات المترية ليست مهمة بالنسبة لنا ، ولكن المهم هو تغير هذه التغيرات مما يعد سبباً من أسباب التعقيد في النظرية .

إن معادلات الحقل يجب أن تكتب بطريقة تجعل الحقل مناظراً لقانون مربع عكس الحقل النيوتني أكثر مما يناظر قانون القوة المختلف تبعاً للمسافة ، وعندما تجري التفاصيل الرياضية الخاصة بذلك يستطيع المرء البحث عن حلول للنظرية ، أي البحث عن قيم للمعاملات المترية ومن ثم مقارنة هذه القيم مع الواقع التجريبي . ولسنوات عدة؟ لم يعرف الإنسان سوى القليل عن هذه الحلول وتعد حالة مدار عطارد تأكيداً



مذهلاً للنظرية فمدار عطارد ، كما ذكرنا في الفصل السابق ، ليس قطعاً ناقصاً كما تقترح قوانين كبلر بل هو قطع ناقص دائري ببطء ، أما الدوران فهو بحدود ٥٠٠٠ ثانية قوسية في كل قرن .

لنوضح ما نتحدث عنه الآن ، إن هذا الدوران باستثناء ٥٠ ثانية قوسية منه يمكن أن يتفسر بتأثير الكواكب الأخرى . أما الخمسون ثانية المذكورة فقد عزيت فيما سبق للكوكب فولكان ، ول سوء الحظ لم يكشف هذا الكوكب في المدار المقترح . إن المرء عندما يستخدم معادلات الحقل الخاصة بالنظرية النسبية العامة في وصف حركة كوكب منفرد حول شمس ثابتة سيكتشف أن مدار هذا الكوكب ليس قطعاً ناقصاً كما توضح نظرية نيوتن عندما تشرح قوانين كبلر بل قطعاً ناقصاً دائراً ، وفي حالة كوكب عطارد والشمس يكون الدوران بمقدار ٥٠ ثانية قوسية خلال قرن .

يجب علينا بالطبع أن نوضح ما تم شرحه . لقد وجدنا ٥٠ ثانية قوسية في هذه الحالة ، ويمكن أن نحسن بأن النظام المعقد للعالم الحقيقي بكواكبه الأخرى يمكن أن يتفسر بصورة مرضية إذا أضفنا معاً الدوران النسبي لمدار عطارد وحساب تأثير الكواكب الأخرى على هذا المدار ، وفقاً للحسابات النيوتنية ، وفي الحقيقة فإن دوران مدار عطارد تأكيد تجريبي للنظرية النسبية العامة . يجب أن يكون واضحاً أنه حتى لو أعطت النظرية النسبية العامة نتائج مماثلة لما تعطيه نظرية نيوتن ، وذلك ما تفعله في تقريبها الأول ، فإنها تظل أعم وأشمل لأنها تصل لنفس النتائج بدلالة خيارات وافتراسات وأقل عدداً من نظرية نيوتن . كما أن معادلات الحقل المقترحة من قبل آينشتاين ، وعلى الرغم من أنها تظهر حقلاً متغيراً كحقل قانون مربع العكس . فهي مؤسسة على أسس أكثر أماناً من أسس نظرية نيوتن ، لأنها المعادلات الحقلية الوحيدة التي يمكن كتابتها في شروط حدود النظرية . . .



قاس أدوين هابل الذي يرى في الشكل بجانب منظار شميدت الذي يبلغ قياسه ٤٨ انش  
هروب المجرات بصورة دقيقة مما جعل توسع الكون حقيقة ملحوظة

## نظريات كونية منافسة

ربما يتساءل المرء عن السبب الذي جعل آينشتاين يصوغ نظرية ثقلية جديدة بطريقة . على الرغم من أنها تعجب النظرين وتزود الرياضيين بالكثير . تبدو معقدة بالمقارنة مع الصياغة النيوتنية البسيطة . لقد كان آينشتاين مهتماً بمسألة وجود مراجع عطالية ذات أفضلية في هذا الكون . وذكر في الفصل الأخير أن المرء يستطيع أن يعين جملة احداثيات عملية تأخذ فيه قوانين نيوتن شكلاً بسيطاً . فعند استعمال نواس كروي . وقياس دوران مستوي النوسان . وُجِدَ أن المادة البعيدة في الفضاء لا تمتلك أية حركة عرضانية بالنسبة لهذا المرجع . إن هذا يعني أن المادة البعيدة في الكون لها تأثير على اختيار المراجع العطالية المحلية . إن هذه الحقيقة والتي تدعى مبدأ ماخ ( Mach's Principle ) قد أدهشت آينشتاين لسنوات عدة . فهو يرى . على سبيل المثال . أن نظرية الثقالة لنيوتن ليست مقنعة بهذا الخصوص . فهي عندما تصف مدارات الكواكب . على أنها قطوع ناقصة فإنها تفعل ذلك بالنسبة لمرجع عطالي ولكنها تسقط من حسابها حقيقة أن هذا المرجع العطالي التجريبي ثابت بالنسبة للنجوم البعيدة . لقد شرحت نصف الظاهرة حتى الآن وما يحتاجه المرء هو نظرية ثقلية يكون فيها حل مسألة الكوكب الذي يدور حول الشمس ممكناً فقط عندما يؤخذ تأثير جميع المادة الأكثر

بعداً في الكون بالحسبان أيضاً . وستكون هذه النظرية حسب رأي آينشتاين متوافقة مع مبدأ ماخ . وقد وضعت النظرية النسبية العامة لتفي بذلك الفرض .

لقد دار جدل طويل حول المدى الذي يمكن أن تتوافق فيه النظرية النسبية العامة مع مبدأ ماخ بعض الناس يعتقدون أنها تتفق معه جزئياً على الأقل . ولكن أغلبهم يميل إلى الاعتقاد بأنها لا تتفق معه على الإطلاق . ومهما يكن الأمر فقد شرع آينشتاين بايجاد حلول لمعادلات الحقل التي وضعها والتي يمكن تطبيقها على مجمل الكون وليس فقط على النظام الشمسي . بالطبع عندما يرغب المرء بايجاد حلول لمعادلات الحقل الصالحة لمجمل الكون لا يعتمد أن يتعامل مع الكون ذو الطبيعة الجافة والمعقدة حيث يتألف هذا الكون من نجوم منفردة أو متجمعه بل يتطلع لوصف توزع المادة في الكون . والتي سوف تمتلك نفس الكثافة بشكل متوسط والتي نستطيع أن نتعامل معها باستخدام نفس النوع من الرياضيات المستخدمة في النسبية العامة .

لم يفلح آينشتاين بايجاد حل لمعادلات الحقل الأصلية . التي وضعها بما يوافق مجمل الكون ، فقد وقع في نفس المأزق الذي وقع فيه الفلكيون النيوتونيون وهو أن الكون اللا منتهى يعني قوة ثقالية لا منتهية أيضاً في كل نقطة من النقاط . وبسبب طبيعة معادلاته تمكن آينشتاين من رؤية التعديل الوحيد الذي يمكنه من وضع نموذج للكون يتفق حسب رأيه مع مبدأ ماخ . لقد كان عليه إدخال حد اضافي إلى المعادلات ولكن بسبب الطبيعة الجافة للنسبية العامة كان هذا الحد الإضافي هو الحد الوحيد الذي قدمه . وعندما فعل ذلك كانت المحصلة كوناً ثابتاً دعي بكون آينشتاين .

## كون آينشتاين :

مهما تكن محاسن نموذج آينشتاين ومساوئه كنموذج للعالم الفعلي .  
فانه يعتبر نقطة مميزة في طريق الابتعاد عن نماذج الأكوان اللانهائية .  
والحقول الثقبالية اللانهائية التي سادت علم الفلك رداً طويلاً من الزمن  
ويمكن أن بوصف نموذج آينشتاين كالتالي : لنفترض أن اهتمامنا  
ينحصر ببعدين فقط حيث أن نموذجنا عن الكون عبارة عن مستوى لا  
محدود . إن الخطوة التي خطاها آينشتاين تناظر اعتبار هذا المستوي  
سطحاً كروياً غير محدود أيضاً ولكن الخط المستقيم ( أي أقرب مسافة  
بين نقطتين من منحنى ) المرسوم عليه . على الرغم من استمراره  
بصورة لانهائية . سيعود وينتهي بنفسه أخيراً . وهكذا ففي حالة بعدين  
يكون للسطح مساحة اجمالية محدودة على عكس المستوي ذو المساحة غير  
المحدودة . أما في حالة ثلاثة أبعاد فان التقوس الناتج يعني أن كون  
آينشتاين له حجم محدود ولكن بدون حدود .

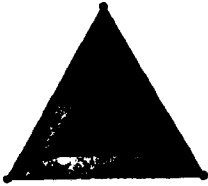


يمتلك كون آينشتاين بأبعاده الثلاثة ما يمتلكه سطح الأرض من طبيعة مغلقة ببعدين  
فقط . فمن الممكن على سطح الأرض العودة إلى نفس النقطة عندما نسير بصورة  
مستقيمة على المحيط وبدون تغيير الاتجاه

ولسوء الحظ فإن اضافة الحد الإضافي للمعادلات والذي يدعى بالحد الكوني لم يكن كافياً لتحقيق التوافق مع مبدأ ماخ. ومهما كان وضع مبدأ ماخ في النظرية الأصلية فقد ظل غير متغير عند وضع الحد الإضافي . بعد فترة وجيزة من وضع آينشتاين نموذجه عن الكون وجد دي سيتر - Willem de Sitter - حلاً للمعادلات الحقل لا توجد فيه أية مادة على الإطلاق، ويكون الفضاء بالرغم من ذلك غير خال من فيزياء نيوتن . عند خلوه من المادة . إن حل دي سيتر يتضمن هندسة معقدة . وقد شكل صدمة كبيرة لآمال آينشتاين في تحقيق التوافق مع مبدأ ماخ وكتيجة لذلك أقنع في السنوات الأخيرة عن اضافة الحد الكوني إلى المعادلة لأنه لم يحقق له النتائج المرجوة . إن مسألة كوكب عطارد قد حلت بواسطة البحث عن حلول للمعادلات التي وضعها آينشتاين ويوافق ذلك جسماً مثلاً للشمس . بدون أي شيء آخر على الإطلاق . لقد أراد آينشتاين . بسبب دواعي المسألة الكونية . بالفعل إيجاد حلول لا تتركز الكتلة فيها ضمن نقاط خاصة لأن همه ينحصر في شمولية الكون . كما أراد بدلاً من البحث عن التناظر الكروي وضعاً معقداً تكون الرؤية من نقطه ما في أي اتجاه مساوية إلى حد كبير الرؤية من أية نقطة أخرى . هذه المتطلبات تعرف عادة بالمبدأ الكوني . إن هنالك في الحقيقة ثلاثة حلول للمعادلات يمكن أن تتفق مع هذا المبدأ وبحيث لا تعتمد على الزمن . إن أحد هذه الحلول هو حالة الحقل الخالي الذي لا توجد فيه الثقالة على الإطلاق والذي يوصف الكون فيه بواسطة النظرية النسبية الخاصة : أما الحل الثاني فهو كون آينشتاين والحل الثالث هو كون دي سيتر . هنالك عائق اضافي أمام حل آينشتاين وهو أن هذا الحل على الرغم من أنه يمثل تواضعاً نسبياً للمادة فانه وكما برهن بنفسه توضع غير ثابت .

## كون دي ستر :

إن كون دي ستر هو كون يستعصي على الفهم بسبب غياب المادة ولكن إذا تصورنا أن الحل الفعلي المعطى من قبل دي ستر هو تقريب جيد للكون الحقيقي الذي تتوزع فيه المادة بشكل ضئيل جداً ، عندئذ نستطيع أن نفكر في مثل هذا الحل وسنجد في مثل هذا الكون أن المادة شديدة النأي عنا ( على الرغم من عدم امتلاكها حركة عرضانية بسبب المرجع الذي اخترناه ) وتبتعد أيضاً على امتداد خط النظر بسرعة متناسبة مع المسافة . وفي الحقيقة فإذا ما أحدث جسم صغير جديد في هذا الكون وافترضنا أن هذا الجسم الجديد لن يؤثر على الكون كما عرفناه فسكتشف أن هذا الجسم سيتسارع مبتعداً بسرعة متناسبة مع المسافة .



لا يحتوي كون دي ستر على أية مادة ولذلك فمن الصعب تصوره . إذا تصور المرء بعض الجسيمات على رؤوس مثلث مركزي فإن هذه الجسيمات تتباعد بعضاً عن بعض بسرعة متناسبة مع المسافة فيما بينها

إذا كان كون دي ستر يمثل نموذجاً صحيحاً للكون الفعلي فإن علينا أن نفكر . كيف يمكن لهذا الكون أن يتمدد بهذه الطريقة ؟ . إذا كانت المادة جميعها تبعد عن بعضها بسرعة متناسبة مع المسافات النسبية فلا بد ومنذ وقت طويل مضى أن تكون هذه المادة منضغطة بشكل كبير إلى بعضها . ما هي طبيعة الكون الأصلي ؟ إن أسئلة كهذه . تطرح ما يمكن أن نعتبره قضية كونه أساسية . قضية لم تتم صياغتها بوضوح حتى عام ١٩٤٠ من قبل هيرمان بوندي

— Herman Bondi — وفريد هويل — Fred hoyle — وتوماس غولد — Tomas Gold — إذا كان الكون الأصلي أكثر انضغاطاً إلى حد كبير من الكون الحالي فكيف لنا أن نعلم القوانين الفيزيائية التي يمكن تطبيقها فيه ؟ إن قوانين الفيزياء الحالية والتي وضعت على سطح الأرض . هي قوانين وضعت في شروط ليست معهودة جداً بالنسبة للفلكي . وإذا أردنا التحدث عن الكون في الزمن الغابر مفترضين أن هذا الكون كان منضغطاً بقدر كبير فليست لدينا أية فكرة على الإطلاق عن القوانين التي . ان وجدت تبقى سارية في الوضع الجديد وكذلك عن التقريبات المناظرة لوضعنا الحالي . عندما نتبين هذه الورطة نرى أن نظرية الكون التي نبحث عنها أعقد وأصعب مما نظن . . نحن نستطيع إذا أردنا ، أن نفترض أن جميع قوانين الفيزيائية غير متغيرة حتى في أوضاع فيزيائية مختلفة جذريا ولكن علينا حينئذ أن ننظر إلى نتائج هذا الافتراض بقدر كبير من الشك .

إن فكرة تراجع جميع المادة في الكون بسرعة متناسبة مع المسافة فكرة مذهلة بالفعل . فهل سيعود الإنسان مرة أخرى للتفكير بأن الأرض هي مركز الكون — وهو ما فكر به أرسطو ؟ والجواب عن



هذا السؤال ، ولحسن الحظ . هو انثني طبعاً . والآن إذا تراجعت كل المادة عنا بسرعة متناسبة مع المسافة فسنجد مرة ثانية إذا نظرنا إلى الأشياء من نقطة أخرى بديلة أن جميع المادة تبعد عن تلك النقطة البديلة بسرعة متناسبة مع المسافة . أما إذا أظهرت التجارب قوانين ابتعاد أخرى كتناسب السرعة مع مربع المسافة ، فسيشكل ذلك مسألة جديدة للغاية . إن الطريقة التي يشرح بها كون دي سيتر التراجع يمكن أن توضع من خلال التشبيه التالي ؛ نستطيع أن نتخيل الإنسان ؛ وهو حل وضع من قبل آينشتاين ، أحد الكائنات النائية البعد الصغيرة ، يعيش على غلاف كرة سماوية ذات سطح غير محدود ولكنه يمتلك مساحة اجمالية محدودة ( أما في حل آينشتاين الفعلي فهو يمتلك حجماً محدوداً لانهائياً ) . ونستطيع أن نتخيله ، في كون دي سيتر ، كائناً لا يعيش على كرة سماوية ثابتة بل على بالون ينتفخ باستمرار . وإن أي كائنين وفق هذا الكون يبتعد أحدهما عن الآخر بسرعة متناسبة مع المسافة بينهما مقيسة على السطح . ولا يعتبر أي من الكائنات متميزاً . وكقضية مسلم بها تكون السرعة متناسبة مع المسافة في حالة وحيدة . بما يوافق كوناً يظهر متساوياً من جميع النقاط .

يتوسع الكون بسرعة متناسبة مع المسافة بحيث يمكن اعتبار كل نقطة فيه وكأنها مركز التمدد وفي الحقيقة يمكن تمثيل ذلك ، بصورة مشابة ، بعدد من النقاط الموجودة على كرة مطاطية تنتفخ باستمرار .



لم يحاول أحد قبل دي سيتر أن ينشئ نموذجاً للكون من هذا النوع ، فالخلل الساكن ظل أبداً الحل المنشود ، ويجب أن يكون واضحاً لدينا أن حل دي سيتر لا يناظر حلاً ذا حقل ثقالي ، أو نوعاً من الفراغ الذي يعتمد على الزمن بسبب التوسع . إن كل شيء سيبقى على حاله فيما بعد كما هو الآن ، أما إذا أحدثت مادة ما ضمن هذا الحل وبدون أن تؤثر عليه فستكتسب هذه المادة سرعة متناسبة مع المسافة التي تفصلها عنا ، وبهذا المعنى فإن حل دي سيتر يمثل نموذجاً متوسعاً . وهكذا وبصورة طبيعية فإن اكتشاف هذا النموذج قاد العلماء للبحث عن حلول للمعادلات تعتمد على الزمن كما يستغرقه التوسع ولقد ظن بعد ذلك أن الكون ربما ابتدأ بالتوسع اعتباراً من حالة آينشتاين الساكنة ، التي تغيرت بعد ذلك ، ماراً بسلسلة من النماذج حسب التوسع ومنتهياً بنموذج دي سيتر بعد فترة زمنية طويلة جداً . إن مناقشات كهذه تحتاج قبل كل شيء إلى حقائق تجريبية للتأكد من صحتها وذلك ليس ببعيد .

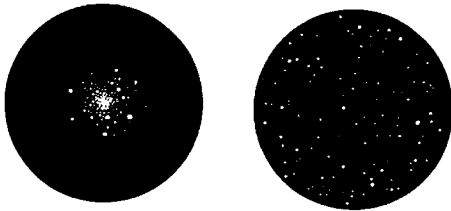
### التحقيق التجريبي :

تعد العلاقة بين النظرية والتجربة ، أمراً معقداً نستطيع أن نبسطه قليلاً عندما ننظر في التواريخ التي جرت فيها الأحداث . لقد كان اكتشاف دي سيتر خطوة واضحة تطلع الفلكيون النظريون إلى تعميمها ، ولقد رأينا سابقاً أن هنالك ثلاثة نماذج ساكنة ( الفضاء الخالي وكون آينشتاين وكون دي سيتر ) تحقق النظرية النسبية العامة ، وإذا كان هنالك أي وصف بصف الكون بصورة أدق مما تضعه هذه النماذج فلن يكون نموذجاً ساكناً . ناقش فريد مان عام ١٩٢٢ ( Fred man )

إمكانية وجود كون منحرف بنفس الطريقة التي ينحني بها كون آينشتاين ( تسطح الكرة بدلاً من سطح المستوي ) ، وهو ما تحتاجه النظرية النسبية العامة من أجل تحليل الظواهر الميكانيكية ، ولكنه افترض أن مثل هذا الانحناء لا بد أن يعتمد على الزمن وبعبارة أخرى فإن هنالك تشابه واضح ما بين مناقشته وما بين وصفنا لكون دي ستر والفرق الوحيد أن تغير القوس سيسمح للمادة بالتواجد ضمن النموذج .

كان من الضروري لفريد مان أن يعد افتراضاً عن الطريقة التي يختلف بها القوس مع الزمن في أماكن مختلفة فأعطى وصفاً واحداً واضحاً بأن صورة الكون بشكل وسطي يمكن تمثيلها بفراغ يمتلك في أية لحظة نفس القوس في جميع الأرجاء ، وفي الحقيقة فإن مثل هذا الافتراض يعتمد على افتراضات أبسط وأسهل وبصورة خاصة الافتراض القائل بأنه عندما ننظر إلى الفضاء ومن أية نقطة وبأي اتجاه فأننا سنلاحظ فضاء واحداً تقريباً . إن رأي فريد مان هذا والذي لخصه في صفحتين والذي كان له الأثر الأكبر فيما بعد لما ندعوه اليوم نظرية الكون المتوسع قد تجاهله معاصروه ، ولم يعرف فيما إذا كان سبب ذلك هو الصعوبة الرياضية . أو أن هاتين الصفحتين اللتين أعدهما بدنا غير قادرتين على الوصول إلى الإهتمام الفلكي إلا بعد أن طبقنا بعشر سنوات وكتيجه فقط للاهتمام لوميترو روبرستون ( Lemaitre - Roberston ) .

تمكن لوميترو - Lemaitre - عام ١٩٢٧ وهو على جمل تمام بالتتابع التي حصل عليها فريد مان من تطوير نظرية مشابهة لنظرية فريد مان وفي العام التالي حصل روبرستون - Roberston - وبصورة مستقلة أيضاً على النتائج ذاتها . أما النماذج التي اشتقت بهذه



تفترض النظرية التطورية ، او نظرية الانفجار الكوني الأعظم ، في توسع الكون ، بأن جميع المادة الحالية كانت - في وقت طويل مركزه في منطقة أصغر بكثير ثم تباعدت إلى وصفها الحالي بسبب حدوث الانفجار الأعظم

الطريقة والتي دعيت نماذج فريد مان لوميتر فتتألف من كون يتمدد باستمرار ، بمعنى أن متوسط المادة في أية منطقة يتحرك مبتعداً عن متوسط المادة في أية منطقة أخرى . وبالإضافة إلى ذلك فإن مقدار تقوس الفضاء في أية نقطة يتناقص بمرور الزمن . وهكذا كان ابتعاد السدم الذي اكتشفه هابل في العام التالي ١٩٢٩ : تشبيهاً لهذه النظريات لم يكن هابل على الأعاب متأثراً بالأعمال النظرية التي قام بها كل من فريد مان ولوميتر وروبرستون حيث كان يعمل بصورة مستقلة كما أن نشاطات الرصد على الجانب الآخر من الأطلسي كانت قليلة التأثير بالتطورات النظرية في أوروبا وفي الحقيقة وكما في حالة نظرية فريدمان فقد أهمل التطوير الكبير الذي قام به لوميتر وروبرستون وبصورة كبيرة من قبل الفلكيين والعالم العلمي بشكل عام إلى حين نشر إحدى المقالات لاسير آرثر أدوينجتون - Eddington - عام ١٩٣٠ . كان أدوينجتون يعمل مع أحد طلابه ويدعى ماك فيتتي - M vittie -

في مسألة عدم توازن حل أينشتاين وتوصلا عند قراءة حل لوميتير فوراً كيف أن الكون المتمدد يعطيها حلاً لجميع مشاكهما ، لأنه وضع ما يحدث بالنسبة لكون أينشتاين غير المتوازن عندما يضطرب ويتحرك من وضعه الابتدائي . لقد شكلت التطورات الرياضية الأخيرة لنظرية الكون المتمدد ، ولكن بدون تحقيق نتائج فيزيائية مفيدة ، أرضية خصبة بالنسبة للرياضيين . عندما افترض التوسع كانت هناك مقادير معينة تحت تصرف الرياضيين . ولقد اتضح وباختيار مناسب لهذه المقادير المتنوعة امكانية وجود نماذج توسع متعددة ، كأن يكون الكون قد ابتداء بالتوسع اعتباراً من حالة الضغط الهائل أو اعتباراً من حالة أينشتاين أو أن الكون يمكن أن يتوسع بصورة لانهاية أو أن يتقاص بعد مضي فترة زمنية معينة إلى الحالة المرتصة ثم يعاود التوسع بما يسمى ( الكون الثالث ) .

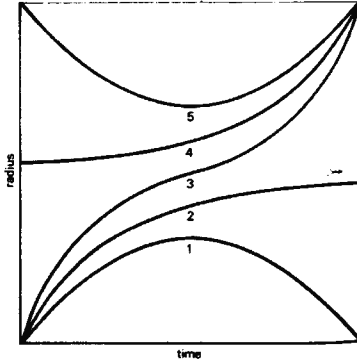
وفي حالة متوسطة من هذا النموذج تبتلى بعض المناطق بالتقاص ، وهناك الكثير من الأسباب الهامة التي تجعل نماذج ، كهذا النموذج ، مقبولة . ترتبط هذه الأسباب بما يسمى محاور الزمن . إن معظم القوانين الفيزيائية هي قوانين قابلية للانعكاس أي ، اذا صورنا تجربة تحريكه « dynamic » ثم أدرنا الشريط السينمائي بالاتجاه المعاكس فإن نجد ما يخبرنا بأننا لا نشاهد شريطاً سينمائياً يلور بصورة صحيحة ، بل أن ما نشاهده عبارة عن تجربة مختلفة ( وهي في الحقيقة تجربة بودلت شروط البدء والنهاية فيها مع التجربة الأصلية ) .

ويكون الوضع مختلفاً في بعض الأحيان حيث لا توجد امكانية الانعكاس . نحن نعلم بأن الشريط السينمائي الذي يظهر نفخة من الدخان

وهي تتضاءل ثم تختفي في فم أحد الأشخاص يتبعها ظهور « سيجارة »  
هو شريط سينمائي معكوس. إن مثل هذه الظاهرة اللا عكوسة هي مثال  
على محور الزمن . والموت على الرغم من كونه « بيولوجياً » هو مثال  
آخر ولكنه أكثر تعقيداً . نحن نستقبل دوماً برامج التلفاز بعد فترة وجيزة  
من بثها وعلى الرغم من أن نظرية البث العادية لا تأخذ بحسابها مجمل  
الكون . فهي تسمح بإمكانية انعكاس الاستقبال دوماً بحيث يجري  
قبل فترة وجيزة من البث . يشعر معظم الناس بأن هنالك علاقة ما بين  
محور الزمن . من خلال هذه التأثيرات المحيية وتوسع الكون . إذا  
كان الأمر كذلك وقادنا تقاص الكون إلى عكس اتجاه محور الزمن  
فاذا كان الأمر كذلك . وكان تقاص العالم يؤدي إلى انعكاس اتجاه  
الزمن فإن ظواهر غريبة ستحدث . ففي تلك المناطق التي ابتدأ فيها  
التقاص سابقاً . تتناقص الفوضى بدل أن تزداد . ومن الصعوبة التخيل  
كيف أن بوسعنا أن نستكمل وصفاً لمثل هذه المناطق ضمن كون ما  
يزال يتوسع . ومع ذلك فقد اقترح مثل هذا النموذج الناس ودرس  
بعض التفصيل من قبل ديك - R.H Dicke - في السنوات الأخيرة .  
سنعود إلى هذا الموضوع فيما بعد . ولكن القرار النهائي في أية حالة  
يجب أن يأتي من الرصد .

إن هدف الرصد في هذه الظروف هو محاولة تقرير القيم التي يجب  
أن نعطيها للشواهد . ضمن النموذج . كي تتفق إلى حد كبير . وقدر  
الإمكان . مع الكون الفعلي . ولكننا الآن بالطبع أمام عقبة ، عمية .  
كأداء . فنحن نستطيع أن نراقب الكون الفعلي لفترة وجيزة جداً فقط  
ولا نستطيع ربط المشاهدات الماضية لأية فترة معقولة من الوقت وبالتالي  
فإن أي نموذج له توسع سيكون مناسباً بصورة جيدة . إن قلراً كبيراً

من الجهد قد بذل في برهان صحة الافتراض الأساسي الذي بني عليه النموذج ، وهو أن الكون ذو مظهر واحد إلى حد كبير في جميع الاتجاهات ومن أية نقطة ، وفي الحقيقة فإن من المستحيل أن نقرر أبداً من النماذج له أفضلية على النماذج الأخرى ، على الأقل خلال فترة قادمة طويلة جداً .



لدينا وفق النظرية النسبية العامة العديد من النماذج الكونية الممكنة. فمنها ما يتوسع ثم يتقلص (١) ومنها ما يخالف ذلك (٥) ومنها ما يتوسع باستمرار من حالة ارتصاص كبير (٣، ٢) أو من حالة اينشتاين الابتدائية (٤)

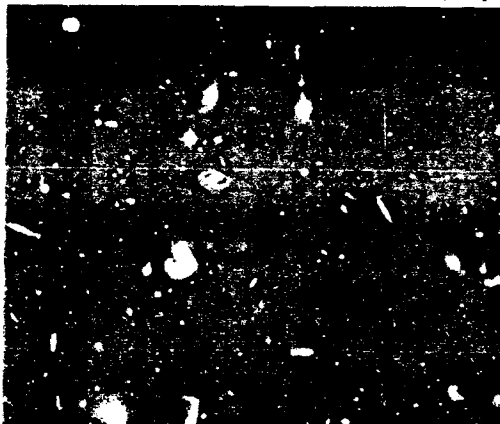
وهكذا فإذا صنعنا مجموعة من النماذج ، من هذا النوع ، وتوقعنا أننا نستطيع أن نختار إحداها تجريبياً فإننا ننسى الصعوبة الكبيرة في إجراء التجارب في عوالم الكون . إن الفلكيين تمكنوا عبر السنين من إجراء قياسات فلكية ذات دقة ملحوظة ، ولكن في حالتنا فإن هنالك مناطق

شامعة جداً من النضاء بحيث يستغرق الضوء رشحاً طويلاً من الزمن قبل أن يصل إلينا . إن هذا الأمر يضع أمامنا عقبة كبيرة ألا وهي التخلف الزمني « منذ أن غادر الضوء السديم الأصلي » وهكذا يصبح التمييز ما بين النظريات ذات التوقعات المختلفة أمراً مستحيلاً . إن هنالك أيضاً صعوبة ذات درجة مختلفة تماماً فلقد ذكرنا في الفصل الأول بأن علم الكون هو نظرية تشرح كيفية وصول الكون إلى وضعه الحالي . ومن أحد مظاهر الكون الجوهرية أنه مناقشة لنظام فريد . فليس علم الكون فرعاً كبقية أفرع العلم بحيث تشمل المناقشة على مناقشة مجال كامل من الأنظمة . بعضها ذات نوع واحد وبعضها ذات نوع آخر . تختلف في بعض الاعتبارات وتتساوى في بعضها . بل يجب أن يكون لدينا ، من أجل نظرية كونية جواباً وحيداً . لقد قدمت العلوم الكونية المستندة إلى النظرية النسبية مجموعة من الإجابات وفقاً لكيفية اختيار الثوابت في نظرية التوسع . يكون الكون المستقر من وجهة النظر هذه وبصورة موهمة للصحة أكثر اقناعاً حيث أنه يفترض ثلاثة نماذج : اثنين منها خاليين وبالتالي فهما غير مقنعين . ويبقى أمامنا الحل الوحيد المحتوي على المادة وهو كون آينشتاين . إننا بالطبع ، على الرغم من أن ذلك ممكن فلسفياً ، لا نستطيع أن نتبنى كون آينشتاين وذلك لسببين الأول أن كثافة المادة عالية جداً والثاني ، أن هذا الكون لا يتنبأ بأي توسع والتوسع قد لوحظ فعلاً . هذا الوضع ولجوء الحظ غالباً ما يحدث في العلوم الكونية فالنظريات التي تتفق مع الفلاسفة لا تتفق مع المشاهدة والعكس بالعكس .

قام ماك كريا - William Mc crea - عام ١٩٧٠ وفي محاولة جادة للتغلب على هذه العقبة ، بالشروع في صياغة وضع فاسفي



للمناذج المتطورة بدلاً من التسليم بوجهة نظر معينة وتناخص وجهة نظر مالك كريبا بأن النظرية الكونية يجب أن تراعي الصعوبة المتزايدة في جمع المعلومات من مسافات شاسعة كما يفعل ميكانيك الكم للتغلب على صعوبة جمع معلومات الكيانات الصغيرة جداً . واقترح أيضاً بعضاً من الاقتراحات لتحقيق ذلك لا نستطيع أن نحدد صحتها وكفايتها الآن . المهم في الأمر إذاً أن وجود وجهة نظر فلسفية وواضحة الصياغة وذلك ما عرفه مالك كريبا ، ضروري في عالم الكون وليس نوعاً من الترف كماً في أغاب العالم الأخرى .

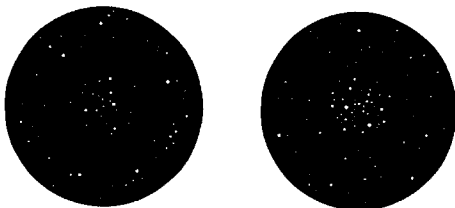


يبدو تجمع المجرات المضاعفة هذا في كوكبة الجاثي ٣٥٠ مليون سنة ضوئية عن الأرض  
 إن ضياء النجوم يتضاءل بسبب الابتعاد وبالتالي فالضوء الصادر عن مجمل النجوم  
 لا يملأ السماء لا متناهية في القمان كما ظن أولبرس بل يجب وبسبب  
 تراجع النجوم البعيدة أن ينخفض مقدار الطاقة المشعة التي نستقبلها .  
 من هذه النجوم

## مفارقة أولبرس :

حتى نتمكن من معرفة تطور الموضوع فيما تلا عام ١٩٣٠ لا بد لنا من الرجوع إلى الجدل نصف الفلسفي الذي أصبح من جديد شديد التأثير في السنوات الأخيرة ويعرف ذلك الآن بصورة عامة باسم مفارقة أولبرس - Olbers Paradox - . على الرغم من أن هذه المفارقة قد عرفت قبل وقت طويل من تحريات هينرش أولبرس لها عام ١٨٢٦ ، لقد أجري في الحقيقة نفس الجدل تقريباً من قبل دوشيزو عام ١٧٤٤ كما ألح ادمون هالي - Edmund hally - إلى هذه المفارقة منذ عام ١٧٢٠ . يمكن أن يشرح الشكل المبسط جداً للمفارقة كما يلي : نلاحظ أن السماء في الليل تكون سوداء بمجمعاتها باستثناء النجوم . إن النجوم بالطبع تطلق قدرأ هائلاً من الضوء ولكن هذا الضوء ينتشر وبصورة منتظمة في جميع الاتجاهات . من كل نجم . وهكذا فكلما كانت المسافة الفاصلة عن النجم أكبر اتسعت مساحة الكرة التي التي ينتشر عليها الضوء وبالتالي فإن مقدار الضوء الواصل إلى وحدة المساحة من الكرة سيناقص حسب بعد النجم . لنفترض الآن . بشكل متوسط ، أن جميع النجوم ( كما جاء في مناقشة أولبرس الأصلية . على الرغم من أننا نستطيع الآن الاستعاضة عن النجوم بالمدم ) تصدر نفس القدر من الضوء ولنفترض أيضاً أنها موزعة بطريقة منتظمة بحيث نستطيع أن نأخذ متوسط رقعة كافية من الكون وهكذا فإن عدد النجوم يتناسب مع مساحة الكرة التي مركزها الأرض . ويقع عليها . ولقد رأينا سابقاً أن مقدار الضوء الذي نستقبله من أي نجم من هذه النجوم يتناسب عكساً مع  $r^2$  حيث  $r$  هي المسافة الفاصلة عن النجم وهكذا . فتمتصهم جميع المادة الموزعة على مسافة قدرها  $r$  من الناظر بتقديم قدر من الضوء بصورة محلية هذا القدر مستقل عن  $r$  لأن ضعف الضوء القادم من النجوم البعيدة يمكن أن يعوض تماماً بعددها الأكبر .

إذا جمعنا بعد ذلك مساهمات المادة الواقعة على مختلف المسافات فإن هذا الحجاب البسيط سيعلينا لمعاناً لانهائياً في الية المظلمة بما يخالف تماماً الحقيقة المأموسة بأن السماء تبدو في الليل سوداء . نلاحظ بوضوح أن هذه النظرية قوية البساطة وإذا اعتبرنا توزيعاً منتظماً للسدم فمن الواضح أننا لن نستطيع أن نراها جميعاً لأن بعضها سيحجب البعض الآخر الواقع بيننا وبينها ، وهكذا فإن مقدار الضوء الإجمالي المحفوظ على الأرض سيكون أدنى مما تنبأ به الحجاب السابق . إن حسابات أكثر دقة تظهر أن شدة الضوء الذي سنستقبله عندما نخرج ليلاً سيكون مساوياً بصورة تقريبية إلى ذلك الضوء على سطح الشمس حيث اعتبرت الشمس نجماً نموذجياً ، وهذا الأمر سيء تماماً كالفارقة الأصالية . قرر كل من أولبرس ودوشيسو - Olbers and de che Seau - أن التفسير الوحيد للمفارقة هو وجود مادة متوسطة بين النجوم ذات تركيب غير معروف تستقبل الضوء . وقد رفض بوندي Bondi هذا التفسير لأن المادة نفسها ستسخن بسبب امتصاص الضوء حتى تصل إلى درجة تشع بعدها بنفس التلألؤ الذي يأتي إليها وتستقبله من الخارج ولن يشكل ذلك أي فرق على شدة الاشعاع .



في نموذج الحالة الثابتة فلكون المتسدد تظل الكتلة التي يمكن ملاحظتها ثابتة وعندما تتراجع المادة إلى ما وراء ما يمكن ملاحظته تحل مادة متشكلة حديثاً مكانها ضمن الدائرة المنقطة

ومن المهم فعلاً أن نذكر أن كلاً من دو شيسو وأولبرس لم يناقشا الافتراض القائل بأن النجوم متساوية نوعاً ما ومتوزعة بانتظام . ولدينا اليوم أكثر من دليل ، لم يمتكاه ، بأن هذا الافتراض منطقي للغاية فعلاً . وبالإدراك المتأخر أمكن بسهولة رؤية طريق مختلف يخرجنا من مفارقة أولبرس . إذا اعتبرنا أن الكون يتوسع فسيتراح طيف الضوء القادم من المادة البعيدة نحو النهاية الحمراء للطياف حسب مفعول دوبار . وبسبب انخفاض تواتر الاشارات الضوئية ولأن طاقة الضوء في آية حاله متناسبة مع تواتر هذا الضوء ، سينخفض مقدار الطاقة التي نستقبلها أيضاً . وعندما نأخذ توسع الكون بالاعتبار نجد أن مفارقة أولبرس تختفي وأن السماء يجب أن تكون سوداء في الليل فعلاً كما هي عليه الآن . وبمناقشة الأمور من وجهة نظر أخرى نجد أنه كان من الممكن لأولبرس أو العلماء الذين تأوه إذا درسوا الافتراضات التي اعتمدها ، وبصورة دقيقة ، أن يكتشفوا أن من بين هذه الافتراضات هناك افتراض يقول بأن السدم ثابتة . ربما كان بمقدور أولبرس بسبب انزياح دوبلر أن يترك أن افتراض ثبات السدم يجب أن يفسر وربما أدى إلى التنبؤ بتمدد الكون وكان ذلك بمجرد ملاحظة اسوداد السماء ليلاً .

وفي الحقيقة فلا تعد عدم قلرة أونبرس على اجراء المناقشات السابقة إخفاقاً لأنه بلون ملاحظات قانون هابل سنجد صعوبات كبيرة كذلك التي ذكرناها في وصفنا المبكر للصعوبة الجوهرية في عام الكون . يتعامل عالم الكون كما أشرنا سابقاً مع وضع واحد ، فهو يتعامل مع الكون ككل وليست مهمة هذا العالم مقارنة هذا الكون مع أكون أخرى لأن هنالك كوناً واحداً . وهكذا يجب على عالم الكون أن يشكّل

نظرية علمية فريدة ومتميزة . ليست هذه النظرية معقدة نظرياً فقط بل يبدو أن هنالك صعوبة في الرصد لا يمكن تبسيطها على صعيد النظرية حيث تتسم أغلب الأرصاد بالتمقيد بشكل واضح ، فعلى المرء أن يرى معظم الأجزاء البعيدة من الكون ليحسب عدد السدم المتوضعة فيها ثم يقرر بعد ذلك سطوع هذه السدم نحن نعلم الآن أن هنالك أنواعاً أخرى من الرصد لها صعوبتها الذاتية . وعلى الرغم من ذلك يتتبع الرصد الفعلي بصورة صحيحة . لقد كانت المشاهدات في مفارقة أولبرس تعتمد على ما يراه المرء بالعين المجردة في لية مظلمة ، وتكمن الصعوبة في تفسير ذلك ، هذا التفسير لن يكون صعباً في هذه الحالة الخاصة . إن مفارقة أولبرس مرتبطة بوضوح وبصورة وثيقة بمبدأ ماخ وإن الأرصاد التي تبرهن على ذلك بسيطة نسبياً ، إذا اتخذ المرء مرجعاً عطالياً لا يدور فيه نواس فوكو فسيكتشف هذا المرء أن المادة البعيدة في الكون ثابتة أيضاً في هذا المرجع وبعبارة أخرى فإن القوانين التي تحكم نواس فوكو مرتبطه بوضوح بشكل ما بالمادة الأكثر بعداً . إن هذه الملاحظة يمكن أن تتم بدقة بدون أي عناء ، ولكننا ما نزال تقريباً في جهل تام حول تفسيرها .

من الممتع حقاً دراسة المدى الذي أثرت فيه إعادة حل مفارقة أولبرس على تفكير علماء الكون في كامبريدج . أي بوندي وهويل وغولد — Bondi, hoyle, Gold — ، بعد الحرب العالمية الثانية . وبصورة خاصة بوندي حيث يحتل النقاش حول هذا الموضوع جزءاً كبيراً من كتابه وربما كان لهذا النقاش أثر كبير في جعل علماء الكون في كامبريدج يشعرون بمقدار أهمية الجدل الفاسفي في علم الكون .

أما الفيزيائيون الأكثر ارتباطاً بالأرض وبسبب تمادجهم عن الكون المتوسع فكانوا يضحون افتراضات فلسفية مشكوكاً فيها وبدون أن يعملوا بأنهم يفعلون ذلك . لقد كانت استنتاجات علماء الكون في كامبريدج وإلى حد ما متوقعة وخاصة من قبل مارك ميلان ( W.D Mac Millan ) في عامي ١٩١٨ . ١٩٢٥ . كان مارك ميلان مهتماً بصورة رئيسية بمسائل تشكل النجوم ، مبركاً أن المادة تتحول إلى طاقة في داخل النجوم فاختار آليه مشابهة ولكن بصورة معاكسة لشرح مفارقة أولبرس فا اقترح أن الاشعاع يخفني نوعاً ما عندما يسافر خلال الفضاء ويتحول إلى مادة . وهكذا فقد افترض أن بعض اشعاع السدم البعيدة قد تحول إلى ذرات من الهيدروجين ، تعمل وجود المادة المحفوظ بين النجوم .

### المبدأ الكوني التام :

تعد هذه النظرية أقل تطرفاً وإلى حد بعيد من النظرية التي وضعها بوندي وغولد عام ١٩٤٨ حيث استندت نظريتهما على أسس فلسفية بسيطة : أو كما ذكرنا بأنهما جعلتا افتراضاتهما الفلسفية واضحة أكثر مما هي غامضة . إن الخطوة الأولى في نظريتهما هي ما يسمى بالمبدأ الكوني التام . لقد رأينا سابقاً أن علماء الكونيات يفترضون عادة مبدأ يدعى المبدأ الكوني وهذا المبدأ يقول أن كل مكان في الكون يمثل إلى حد كبير أي مكان آخر فيه وهذا المبدأ يعطرح بصورة دقيقة نفس الافتراضات التي استخدمت في علم الفلك منذ كوبرنيك بأن الأرض ليست مركزاً مميزاً للكون ولكنها مجرد كوكب عادي يدور حول نجم عادي . فقد افترض في المبدأ الكوني التام نفس الافتراض الذي افترض

بخصوص الفضاء ونفس الافتراض الذي افترض حول الزمن أي أن الكون افترض متماثلاً وإلى حد كبير في كل مكان وكان دوماً كذلك يتضح من ذلك أن هذه الصيغة للمبدأ الكوني أقوى بكثير من سابقتها . وبالتالي يجب النظر إلى جدل كلا المبدئين بحرص .



هيرمان بوندي Herman Bondi (إلى اليمين) (وتوماس غولد) (Tomas Gold) وهما العالمان اللذان قلبا مفهوم علم الكون رأساً على عقب بنظرية الحالة الثابتة .

وحسب رأي بوندي وغولد ، وسنأتي على ذكر رأي هوبل بعد قليل ، يصبح جميع الجدل الساري حول الشكل الضيق للمبدأ الكوني سارياً على المبدأ الكوني التام .

أولاً : إن العلوم الفيزيائية تفترض على الدوام أن التجارب يمكن اعادةها بحيث تعطي نفس النتائج وبصورة خاصة إذا أعيدت تجربته ما بعد فترة قمرها ستة أشهر عندما تكون الأرض في جزء آخر

من الكون يسبب حركتها حول الشمس فاننا لن نتوقع أي اختلاف في النتيجة . إن هذه البديهية تتطلب تحديداً لبنية الكون أي لانتظامه . تصبح هذه المناقشة أقوى بكثير إذا تبين أنه يوجد ضمن التجارب الفيزيائية . وما يرافقها من المناقشات النظرية . نوع من الملاحظات والمناقشات التي تحدث في علم الكون . .

ثانياً : في أية نظرية لكون متغير . وكما ذكرنا من قبل . لا بد أن توجد افتراضات عن كيفية تغير القوانين الفيزيائية عند تغير المحيط بصورة تامة ، هذه الافتراضات ستكون اختيارية تماماً كما أن الإستمرار بهذا الاتجاه غير مؤكد حتماً . وقد جادل بوندي وغولد بأن مثل هذا التخمين غير مطلوب فإذا كان الكون منتظماً بصورة كافية في الممكن وفي الزمان عندئذ سيكون الوضع في زمنين مختلفين واحداً إلى حد كبير وهكذا فكل شيء في الفيزياء سيستمر كما عرفناه دوماً .

وقد أعطى بوندي وغولد في النهاية النقاش التالي حول كل من هذين المبدأين : نحن نمتلك وجهات نظر مختلفة حول طبيعة النظريات العلمية ، وفلاسفة العلم ما زالوا حتى الآن مختلفين بصورة كبيرة حول أي من وجهات النظر تمثل . بصورة كافية . طبيعة النظرية العلمية . وربما كان هنالك شيء ما ينبغي قوله في صاع جميع وجهات النظر وبالتالي لا بد من وجود بعض الحقيقة فيما طرح من وجهات النظر وبصورة خاصة ما طرح من قبل السير كارل بوبر Popper بشأن طبيعة القانون العلمي هي نفس طبيعة الفرضية . وأما التجارب المرتبطة به فهي ما اخترع بقصد برهان الفرضية . وهكذا ومن فكرة النظرية العلمية حصل بوبر على هدفه بتجنب مسألة الاستقراء حيث تبرز هذه



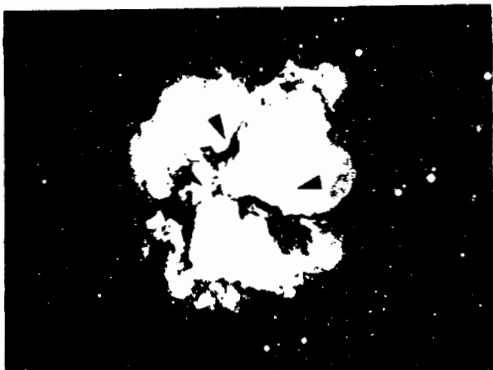
المسألة فيما إذا فكر المرء بالنظريات العلمية على أنها مجموعة من الحقائق مع الافتراض بأن بعض الانتظام بين الحقائق ( قانون الطبيعة ) ، والذي استمر وقتاً من الزمن ، سيتابع استمراره . وهكذا يصبح من المنطقي المطالبة بالبرهان على افتراض الانتظام . يمكن الحصول على هذا البرهان إعادة التجربة ، ونظراً لأن مبدأ الانتظام يجب أن يفترض قبل تقرير برهان التجربة يصبح هذا البرهان غير صالح .

وهكذا فإن أفضل النظريات العلمية من وجهة نظر بوهر هي النظريات التي تعطي فرصة أكبر للتفيد التجريبي ( ما لم يتم ذلك من قبل ) . ولقد رأينا سابقاً بأن فرصة التجربة لا تتحقق من أجل نظريات توسع الكون المتعلقة من النظرية النسبية العامة بسبب الثوابت غير المعينة الكثيرة فيها ؛ يجب تعيين هذه الثوابت بطرق تجريبية وهكذا فكلما قام المرء بتجارب أكثر عين فقط ثوابت أكثر . إن هذه النظريات لها نفس بنية نظريات التحليل النفسي لفرويد والتي تناسب الحقائق هواماً كيفما تغيرت هذه الحقائق . وعلى العكس من ذلك فإن النظرية التي وضعها كل من رندى وغولد على أساس المبدأ الكوني التام نظرية صلبة وكان من الصعب جداً في عام ١٩٤٨ تصور كيفية تغيير هذه النظرية بشكل كامل في حالة تعارض التجارب معها . وقد ظلت هذه النظرية بعد عشرين عاماً من ذلك تبدو صعبة كالسابق .

عندما يتم ربط المبدأ الكوني التام بالتوسع الملحوظ لا يكون يكون من الواضح بأن مادة جديدة ستشكل للحفاظ على كثافة المادة في الكون وهكذا فعندما تتباعد السدم ذات العمر المديد ، يكون من الضروري لهذه المادة المتشككة أن تتكثف في سدم جديدة ، في الفراغ

الكائن فيما بينها ، وعلى أساس ذلك سيكون هنالك توزيع عام للسدم من مختلف الأعمار . يبدو لأول وهلة وكأن هذه النظرية ستنبأ بزيادة مستمرة لكثافة الكون مما يعارض مبادئها الأساسية . ولكن الأمر في الحقيقة ليس كذلك ففي أية نظرية عن الكون يجب علينا أن نتعامل . في جميع الأوقات ، مع الكون الملحوظ فعندما تتباعد السدم بسرعة متزايدة فإن أكثرها بعداً ، والتي نستطيع مراقبتها . ذات سرعة مقتربة من سرعة الضوء . وفي الحقيقة فعندما تقترب سرعة السدم كثيراً من سرعة الضوء فسينزاح ضوءها إلى حد كبير نحو النهاية الحمراء اللطيف ، وهكذا نستطيع الحصول على قمر متناقص من الغاظة ، وعندما تصل سرعة السدم إلى سرعة الضوء فعلاً لا نستطيع أن نرى هذه السدم مطلقاً . عندما تكون المادة أبعد من ذلك لا تكون حينئذ جزءاً منتبهاً إلى الكون الملحوظ . إن تشكل المادة الجديدة محلياً يزود الكون الملحوظ فقط بالكثافة اللازمة . من هذه الافتراضات كان من الممكن لبوندي وغولد أن يحسبوا بصورة دقيقة معدل تشكل المادة الجديدة اللازمة بسبب حفظ التوازن ويشير ذلك إلى تشكل ذرة هيدروجين في حجم كالحجم الذي يشغله منزل عادي مرة كل مائة مليون عام .

ويجب أن نذكر هنا بصورة خاصة أن نظرية بوندي وغولد مستمدة تماماً عن نظرية الأكوان النسبية التي ناقشناها من قبل . لم يستخدم بوندي وغولد معادلات الحقل الخاصة بالنظرية النسبية العامة لآينشتاين . لقد كانت متانة صياغة المبدأ الكوني كافية لكي تعطيها كل شيء أرياداه .



بعد السديم ثلاثي الشعب في كوكبة القوس أحد المناطق التي يظن بأن نجوماً جديدة  
تشكل فيها ( عند النقاط التي أشير بسهم إليها ) هل يعتمد هذا التشكل على ظهور  
مادة جديدة - أو هل يوصي نموذج الحالة الثابتة إلى تشكل منتظم يليه  
تكثف إلى نجوم  
نظرية هويل :

في نفس الوقت الذي نشر فيه بوندي وغولد نظريتهما قام هويل -  
الذي كان على اتصال وثيق معهما - بنشر نظرية أخرى مختلفة . في  
هذا الوقت كانت آراء هويل منسجمة بصورة تامة مع آراء بوندي  
وغولد ولكنه بالإضافة إلى ذلك كان قادراً على اظهار امكانية اتفاق  
هذه الآراء مع النظرية النسبية العامة . وفي الحقيقة فقد ساد قلق من  
الجدل وبعض الوقت حول تفضيل احدى النظريتين على الأخرى على الرغم  
من عدم وجود اختلاف كبير بينهما يدعو للقلق وقد استبان ذلك بعد  
الرجوع إليهما بعد عشرين عاماً . إن هنالك فرقاً كبيراً بين توقعات  
نظريات بوندي وغولد وهويل من جهة ونتائج النظريات المستندة إلى  
النظرية النسبية من جهة أخرى ، على الرغم من الاعتراضات الفلسفية

البراقة للنظريات الأخيرة . فعند الأخذ بعين الاعتبار ما تم رصده تجريبياً فيما بعد ، يجب أن يتذكر المرء الحرج الذي سببته هاتان النظريتان ويجب القول هنا فوراً إننا لا نستطيع أن نتخذ مع ذلك قراراً محدداً . ففي أوقات متعددة وخلال السنوات العشرين الأخيرة تعرضت نظرية الحالة الثابتة لضغط شديد من الراصدين وخاصة في عام ١٩٦٦ بسبب معرفة توزع المصادر الراديوية بصورة دقيقة وموثوقة مما دعا إلى استحالة الحفاظ على نظرية الحالة الثابتة بشكائها الأصلي .



لقد وفق فريد هويل - Fred hoyle - ما بين آراء بوندي وغولد والنسبية العامة أما في الجدل القائم حديثاً فيما إذا كانت الأرصاد تسمح ببقاء نظرية الحالة الثابتة فقد كان من أكثر المدافعين عن هذه النظرية

سنناقش هذه النقطة بمزيد من التفصيل في الفصل القادم وبكيفية في الوقت الحالي الإشارة إلى ما ذكر عن الفكرة العامة للفلاش الراديوي في الفصل الأول . وفي الحقيقة عندما أمكن تعيين عدد أكبر من المصادر وكذلك تعيين البعد عن هذه المصادر تبين أن هـالك عدداً عند المسافات الشاسعة البعد ، أكبر مما يتوقعه المرء من التوزع المنتظم . بالطبع نحن نتوقع مصادر أكثر على مسافات شاسعة بسبب الفراغ المتزايد بازدياد

المسافة ولكن عدد هذه المصادر يزداد بصورة غير متوقعة وحيث لم يحاول أحد من علماء الكون شرح ذلك بافتراض كون غير منتظم في الفراغ فإن الخيار الوحيد هو عدم افتراض الانتظام في الزمن وذلك يعين رفض المبدأ الكوني التام ويمكن بعد ذلك أن تعزى الزيادة في عدد المصادر الراديوية البعيدة إلى انتاج قدر أكبر منها في المراحل الأولى من تاريخ الكون . هذه الزيادة ترى عند مسافة شاسعة لأن الانفجار العام دفع وباعد أول المادة الناتجة إلى أبعد حد عن بعضها .

كان سبب الضغط الذي تعرضت له نظرية الحالة الثابتة — Steady state-theory — في مناسبات سابقة سوء فهم الأرصاد المجرة أو عدم صحة هذه الأرصاد أصلاً وقد تمكن هويل من طرح نظرية أكثر تشبيهاً من أجل المحافظة على روح نظرية الحالة الثابتة التي يمكن أن تعدل لتصبح قادرة على شرح مختلف الأرصاد . إن شرح التشذيب الذي قام به هويل سيستغرق منا وقتاً طويلاً فيما إذا نوقش بالتفصيل وقد قبل هذا التشذيب الذي يتفق مع فرضيات الحالة الثابتة عالمياً . يشير تعديل هويل ويؤكد بصورة جوهرية على أنه بالرغم من أن الكون في حالة ثابتة عندما ننظر اليه بمقياس كبير بما فيه الكفاية فإن ما نراه فعلاً هو مجرد اضطراب محلي . ومع مرور الزمن أصبح معروفاً أن زيادة عدد المصادر الراديوية أقل مما كان متوقفاً ، ولذا كرنا ذلك بعدم التأكد من تعيينات المسافة ، بحيث يمكن أن يقال بأنه غير متفق تماماً مع نظرية الحالة الثابتة .

إن كرن النظرية قد نجحت في المناسبات السابقة لا يعني أنها ستنجو دوماً في المستقبل . وفي وقت . تطير هذا المؤلف وقعت مرة ثانية تحت

ضغط شديد جداً ولا نستطيع أن نعالم نتيجة هذا الضغط ولكننا نستطيع أن نقول كما قلنا في وقت سابق بأنه إذا كان لنظرية الحالة الثابتة أن تنتهي فسيكون علم الكون في وضع أسوأ من الوضع الذي يمكن أن نتخيله قبل عام ١٩٤٨ حينما وضعت النظرية لأننا ندرك الآن بأنه ليست لدينا أية معرفة على الإطلاق لبناء نظرية كونية ما لم نقترح بعض افتراضات الانتظام ويكون المرشح الوحيد الواضح هو المبدأ الكوني التام .

ستوصف النتائج التجريبية في الفصل القادم ، ولكن قبل أن نصل إليها نلاحظ أن هنالك جزءاً من برهان في صالح نظرية الحالة الثابتة يمكن أن يذكر . لقد ناقشنا في السابق وبصورة عامة محور الزمن حيث أن في الكون الحقيقي عنصراً من عدم العكسية وإن أحد السبل التي نشرح بها ذلك في الفيزياء عبارة الترتيب وهكذا يتم تعريف الكمية التي تمثل مقدار الترتيب في الجملة ، هذا الترتيب دوماً في تناقص .

لقد عالجنا في مناقشتنا السابقة مثلاً آخر عن محور الزمن ، وعندما أتينا على حل معادلات ماكسويل الكهرودينامية — Electro dynamics — والتي تحدثنا عنها في فصل سابق ، وجدنا أن الحقل من أجل الحقل حول هوائي محطة الإرسال له شكل ، على الرغم من أنه يصف الموجات المتحركة خارجاً بجميع الاتجاهات ، فإننا نستطيع أن نشق منه . وتعديل طفيف ، حلاً يصف الموجات الداخلة إلى هوائي الإرسال من جميع الاتجاهات ولا يتخلف ذلك بالطبع لأن المعادلة ( أي النظرية ) المعنية لا تتأثر فيما إذا وضع شريط البث في الاتجاه العكسي ، على الرغم من أننا نعالم في عالم الفيزياء بأن الرسائل ترسل نحو الخارج ولا تستقبل شيئاً . وأيضاً فقد رأينا من مشاهدتنا أن كوننا

الفريد يتوسع فعلاً ولا يتقاصر وذلك توضيح ثالث لمحور الزمن .  
يميل الناس بصورة طبيعية للاعتقاد بأن هناك علاقة سببية ما بين هذه  
الأمانة المختلفة عن محور الزمن .

يستطيع المرء بصورة عامة أن يرى ، أن النقاش الكهروطيسي يمكن  
أن يعمل بتوسع الكون . فإذا كان الكون يتوسع فإن ذلك يعني أن  
الطاقة يمكن أن تشع إلى مسافات نائية حيث تضعف ، أما الكون المتقاصر  
فلا يسمع بهذا الضياع الكبير للإشعاع وسيجعل جزءاً منه يعود إلى  
المرسل . هذا يعني أن التوسع يختار من الحلول المحتملة المعادلات :  
الكهروطيسية تلك الحلول الخاصة التي تمت مشاهدتها وعندما نحاول أن  
نستخرج ذلك بالتفصيل في الكون الحقيقي لا يتم ذلك بهذه الصورة  
المباشرة . لقد أظهر رو - P. E. Roe - بأن نماذج فريدمان لوميتر  
للكون لا تزود المرء بمحور كهرودينامي - Electro dynamics -  
كما يتوقع . في حين أن نموذج الحالة الثابتة يفعل ذلك وبصورة مقنعة  
ويقدم ذلك جدلاً متيناً في صالح نموذج الحالة الثابتة سواء بشككه الحالي  
أو بشككه المعدل .

في مثل هذا الوضع المتأزم . ربما يتساءل القارئ فيما إذا كان  
جواب النقاش موضوع الجدل يكمن في شيء آخر حيث من الممكن أن  
تكون كل من مدرستي الفكر الكوني السائدتين خاطئة وأنه من أجل  
الحصول على نظرية صحيحة يجب علينا وضع افتراضات جديدة تماماً .  
الآن وبسبب طبيعة الافتراضات التي افترضت من قبل من قبل نظرية  
الحالة الثابتة أو نظرية الانفجار الكوني الأعظم فإن أي افتراضات جديدة  
ستكذب حتماً آراء متبولة لدينا . لن يحكم ذلك بالطبع النظريات الجديدة

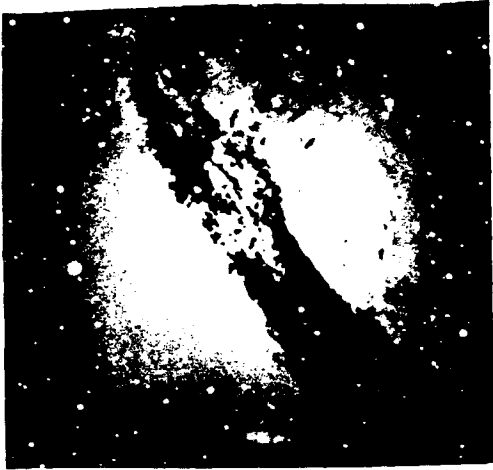
بالضرورة ، ولكن من احدى التأثيرات الهامة والمفيدة للنظريات هي الطريقة التي تدفعنا بها لتغيير بعض آرائنا الباقية في الآخذان . ولكن ذلك لا يعني بأن لدينا فكرة ضمنية عن كيفية الشروع بصياغة نظريات كهذه حتى نعلم قدرأ وافيأ عن كلا النظريتين القائمتين اللتين يتعلم الدفاع عنهما . سنناقش فيما يلي بعض الاقتراحات المتنوعة ، بهدف تشكيل نظريات جديدة وسينصب اهتمامنا على اقتراحين رئيسيين .

في الأعوام التي سبقت عام ١٩٦٠ أختفت الأرصاد التجريبية الهادفة إلى انتخاب احدى النظريات المتنافسة في تقرير نتيجة معينة ، إن أي برهان في صالح احدى النظريتين يرافقه برهان آخر ( مختلف تماماً في النوع ) في صالح النظرية الأخرى . إن قدرأ كبيرأ من العدل قد أنجز فعلاً ، من العدل أن نذكر أن كثيراً من الأجسام السماوية ، من نفس النوع السابق قد اكتشفت ولكن الرصد الجاهد قد انخفض إلى حدود رقمية بمقادير مختلفة بدون أن يكشف عن أي جديد يشير الإهتمام .



## العقد الخامس الأخير

من المناسب أن نصف الوضع في بداية الستينات كما يلي : كان مترعم نمدفج الانفجار الكبر في ميايين كالمعتاد إلى المتعلق والصرافة في طريةتهم ولكنهم كانوا واقعين تحت حصار شديد من معارضيههم أصحاب نظرية الحالة الثابتة الذين يعتبرونهم ساذجين في دعواهم لأنهم لا يصنعون افتراضات غيبية . وكانوا يتقدمونهم بقسوة لتقديمهم فقط اطاراً يحوي مجموعة من النمدفج المحتملة بدلاً من نموذج واحد كنموذج كون الحالة الثابتة .



تصدر مجرة NC5128 الواقعة في سديم الظلمان والتي يقطعها عمود من الغبار غريباً راديوياً أقوى بالآلاف المرات عما تصدره المجرة العادية ويبقى ذلك في الحقيقة لغزاً من ألغاز هذا الكون

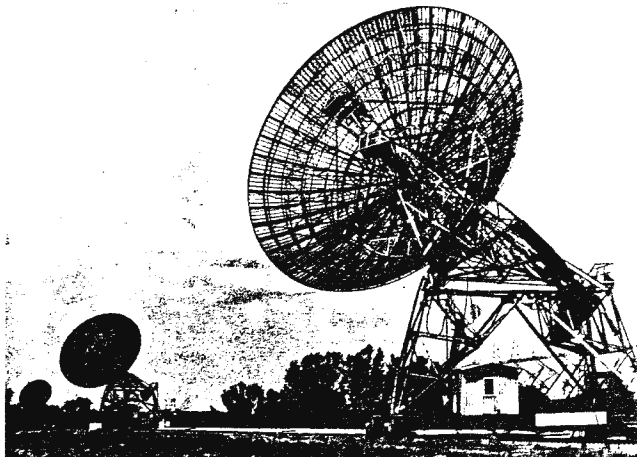
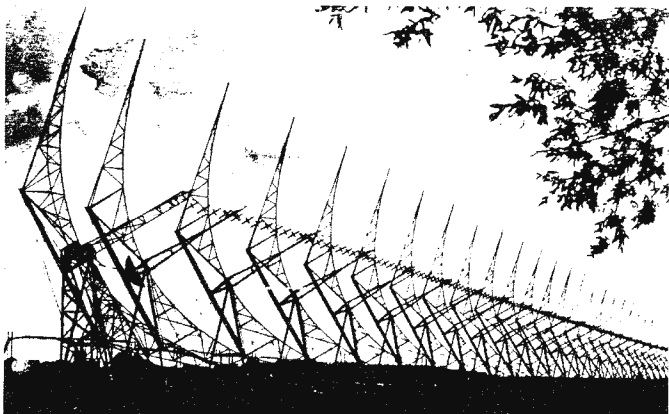
ومع ذلك فقد كان هنالك تحول كبير في الرأي ابتداء من عام ١٩٦١ عندما أعلن السير مارتن رايل ( Martin Ryle ) من جامعة كامبريدج نتائج احصائيات تعداد المصادر الراديوية ، ومن الأفضل أن نوضح تفاصيل هذه الاحصائيات حتى لا يدهشنا تفايرها . وفيه الافتراض الذي وضعه رايل على غرار افتراض أولبرس وبالأحرى هيرشل بأن المصادر الراديوية على العموم لها نفس اللمعان الحقيقي ، أي مقدارها ، وعلى أساس هذا الافتراض كان رايل قادراً على تعيين المسافة القصوى عن هذه المصادر وعلى تحديد أبعادها عند أية مسافة معطاة متعمداً على مقدار خفوتها . وقد كانت نتائج عام ١٩٦١ وفقاً لتفسيره مثيرة . وبالطبع ومن أجل أي نموذج للكون ، فإن عدد المصادر الراديوية عند المسافات الشاسعة سيزداد . فمن أجل النموذج الساكن والمتجانس سيزداد بحيث يكون مجموع الإشعاع المستقبل من مصادر ذات أي لمعان ملحوظ ثابتاً . أما في نموذج الكون المتوسع التثليدي فيتضح أن هنالك نقصاناً بسيطاً في مجموع الإشعاع المستقبل بالإضافة إلى لمعان معقول ( ويوافق ذلك زيادة أقل سرعة في أعداد المصادر حسب المسافة ، أي مصادر أقل بعداً ) وأما من أجل نموذج الحالة الثابتة ، فيكون النقصان في مجموع الإشعاع المستقبل أكبر بكثير . لقد رصد رايل إشعاعاً في المناطق البعيدة أكثر مما رصد في المناطق القريبة بما يخالف تماماً كلاً من نموذجي الحالة الثابتة ، وتعدد الكون التثليديين . إن تنبؤ نظرية الحالة الثابتة بالفعل كان بخطأ ذي معامل مقداره ٥ أو ٦ . لقد كان هنالك بعض الشك في نتائج احصائيات تعداد المصادر الراديوية حيث ثبت خطأ بعضها ولكن خطأنا في الماضي لا يعني أبداً أن نخطئ الآن بالضرورة .

إن مثل هذا الافتراء التام قد أخذاً في البداية في دحض النظرتين بصورة مميزة ولكن تعداد المصادر الراديوية استمر وأصبح الوضع عام ١٩٦٦ أكثر تحدياً . لقد اتضح أن أرقام رايل الأصلية تعتمد على استعماله ولسوء الحظ مصدراً راديوياً شاذاً إلى حد ما كمقياس للمسافة . ويمكن أن تخصص الأرصاد التي أجريت عام ١٩٦٦ ( والتي تضمنت بصورة طبيعية المزيد من المصادر ) جزئياً في كامبريدج وجزئياً في استراليا ، وبدون الدخول في التفاصيل التقنية بالتقول ، إن تحليل عدد المصادر حسب المسافات يمكن أن ينحصر بأربع اجابات مرتبة كالتالي :

الأرصاد الراديوية لعام ١٩٦٦ ثم الكون الساكن فالكون المتوسع التقليدي وأخيراً نظرية الحالة الثابتة . لقد ظلت الإجابات الآن مرتبة كالسابق ولكن الفجوات فيما بينها أصبحت متساوية تقريباً . وهكذا فعل الرغم من أن نظرية الانفجار الكوني الأعظم التقليدية كانت حسب الأرصاد خاطئة بالنسبة لنظرية الكون الثابت فان نظرية الحالة الثابتة تعد أشد خطأ . في هذا الوقت تبنى هويل وجهة النظر القائلة بأن نظرية الحالة الثابتة لم تعد مقبولة وشرع بإعادة بنائها .

تستخدم المراصد الثلاثة التي تتضمن مرصد كامبريدج لتحديد مصادر الأشعة الراديوية في الفضاء وتستطيع هذه المراصد التحرك بصورة نسبية بالنسبة إلى بعضها حيث ترسل الإشارات المتنقلة إلى مخبر مركزي . يتم في المخبر المركزي مزج الاشارات القادمة من المراصد المختلفة وتحليلها .





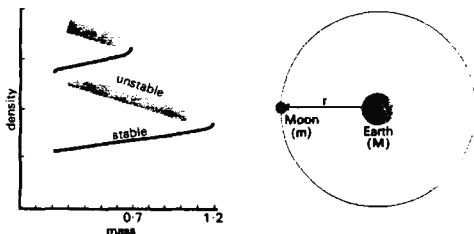
لم يتشعب تعداد المصادر الراديوية فيما بعد عن نظرية الحالة الثابتة بما هو أكثر من تعداد عام ١٩٧٦ ، على الرغم من عدم وجود أي دليل قوي على التقارب . ولكن الإهتمام ابتداءً يتركز على دليل جديد ذي طابع مثير ومشوق .

### الأرصاء ونظرية النسبية العامة :

يمكن اعتبار الأرصاد الجديدة ، هنا وكما في حالات كثيرة في العلم ، جزءاً من النظرية . ينبغي علينا الآن العودة إلى نظرية النسبية العامة حيث تنبأت هذه النظرية بمجموعة من التنبؤات قبل عام ١٩٦٠ مما جعل الأرصاد في ذلك الوقت مثيرة للغاية . لنبتدئ بتذكر الكيفية التي صاغ بها نيوتن قانونه . لقد اعتبر أن القوة الفاعلة بين أي جسمين متناسبة طردياً مع كتلة هذين الجسمين وعكساً مع مربع المسافة بينهما . إن النقطة الهامة التي يجب أن نشير إليها في نقاشنا الحالي هي أن هذه القوة المذكورة هي قوة جاذبة دوماً وتزداد بازدياد الكتلة ، وذلك على تضاد تام مع حالة الكهروستاتيكية حيث تعتمد القوة ما بين شحنتين على الإشارة الجبرية لحداء هاتين الشحنتين . ولكن إذا اعتبر المرء مجموعة عشوائية من الشحنات فإن بعض هذه الشحنات سيكون موجباً وبعضها سيكون سالباً وستغني الشحنة السالبة الشحنة الموجبة وستخفض القوة الحاصلة هذا بالإضافة إلى تأثير التشيع الذي يحدث في حالة وجود القوى ما بين الشحنات . إن هنالك المزيد من الأمور المعقدة ، ينبغي شرحها ، ولكنها تظهر لأن الشحنات تؤثر إلى حد ما على محيطها وتميل لأن تحذف جذبها الخاص إن أياً من هذه التأثيرات لا يحدث في حالة الثقالة .

إن هنالك سؤالاً تقنياً حول نظرية الثقالة يعطرح نفسه باستمرار وهو يسأل عن مصير كرة خاضعة لفعل جاذبيتها الثقالية فقط وغير خاضعة لأفعال قوى أخرى . ستجذب جميع جسيمات هذه الكرة بعضها بعضاً وإذا لم توجد قوى أخرى فاعلة ( ويقصد بذلك القوى

النرية ما بين الجسيمات المختلفة للكرة ) فلا يوجد عندئذ ما يمنع من هذا التجاذب إن هذه الكرة ستقاص بالتلويج . ويمكن لذلك أن يتم بصورة مقنعة تماماً وفقاً الثقالة النيوتنية ولكن هنالك حقيقة غريبة نوعاً ما وهي أن الوقت الذي تستغرقه الكرة كي تنقاص لا يعتمد على قطر هذه الكرة وإنما يعتمد على كثافتها فقط . إن كرة من الماء مهما كان حجمها ، إذا أمكن تصور ذلك وإذا اختفت القوى النرية منها فجأة ، ستقاص خلال ربع ساعة إلى العدم . إن التقصص إلى العدم أمر صعب التصور ويشار إليه عادة بالإنهيار الكارثي النهائي . إن تعبير كارثي قد يشير إلى الكرة أو إلى النظرية وذلك مطروح للبحث .



الشكل الأيمن : ينص قانون نيوتن في الثقالة على أن قوة التجاذب الفاعلة بين كتلتين ، ق ، ذات مقدار يتناسب مع الكتلتين ومنحى يمتد بينهما . وفي حالة الأرض والقمر

$$\text{يكون لدينا } \frac{G}{r^2} = \frac{\text{ثالثك ك}}{\text{حيث ثا هو ثابت الثقالة}}$$

الشكل الأيسر : إن زيادة مقدار المادة في نجم كثيف تسبب فقداناً لا نهائياً للتوازن عندما يعرف بنقطة الانهيار . عندها تكون الكتلة مساوية ١,٢ من كتلة الشمس . وقد مثل ازدياد الكثافة على الشكل بقفزة . تستمر العملية بعد ذلك حتى ، الوصول إلى نقطة الانهيار الثاني أما النقطة النهائية لإزدياد اخر في الكثافة فهي غير معروفة

لنتصور أن المسألة برمتها قد ترجمت إلى النسبية العامة . إن العملية نفسها ستحدث وإلى حد بعيد في البدء وذلك لأن الجاذبية النيوتنية تقرب جيد للنسبية العامة . إن علينا أن نتذكر أن النسبية العامة هي النظرية التي تنتج عند جعل الجاذبية النيوتنية منسجمة مع النسبية الخاصة ، الآن وفي النسبية الخاصة هنالك ثابت معين له دور مميز في النظرية . هذا الثابت هو سرعة الضوء  $c$  . كما أن في الجاذبية النيوتونية ثابتاً آخر وعلى قدر من الأهمية هو ثابت الثقالة  $G$  . لنعتبر الآن كثرة  $G$  والتي يمكن أن تكون كرتنا الأصلية فوجد . بحساب ابتدائي انعطافاً من النظرية أن الكمية  $G \frac{K}{r^2}$  تمثل قياساً للبول ، ونحن لسنا جاهلين الأوضاع في النظريات العامة حيث تمثل الأطوال الحرجة دوراً هاماً . إن الأوضاع التي تظهر فيها كميات كهذه هي الأوضاع التي تبتدى عندها النظرية بأخذ صفات شاذة أو بالأحرى تبتدى عندها النظرية بالانهيار وعلى سبيل المثال . وكما ذكرنا من قبل بأن السرعات القريبة من سرعة الضوء تمتلك خواص غريبة جداً في النسبية الخاصة وعلى هذا يجب أن نهتم بالبحث في موضوع البول الحرج المرتبط بأية كثرة خاصة في النسبية العامة .

إن السؤال الأول الذي يجب طرحه هو مقدار هذا الطول الحرج . فمن أجل جسم تعادل كتته كثرة الشمس يكون هذا البول من رتبة نصف ميل . وبعبارة أخرى إذا تصورنا أن الشمس تقصت بسبب انعدام جميع القوى الداخية فيها . كما هو الأمر في حالة كرة الماء السالفة الذكر ، فإننا نتوقع شيئاً شاذاً سيحدث عندما يصل نصف القطر إلى مقدار نصف ميل . ربما يبدو ذلك تدوياً أكاديمياً بحثاً لأنه من غير

المحتمل أبداً أن يصل قعر جسم معين إلى القعر اخرج . لأن هنالك دوماً قوى أخرى فاعلة . وللإجابة عن هذا التساؤل سنعود قليلاً إلى الوراء ونسوق النقاش الفيزيائي لمسائل الإشعاع النجمي . تنتج النجوم قدراً هائلاً من الإشعاع نراه قادماً منها وبصورة خاصة يظهر لدينا بوضوح ما نراه قادماً من الشمس . هذا الإشعاع يحدث بسبب تفاعلات نووية حرارية أو بعبارة أخرى انفجارات ذرية محكومة بشكل جيد . ومع ذلك فنحن نعلم أن مقدار الوقود اللازم لنشل هذه التفاعلات الذرية في تناقص مستمر وستستهلك التفاعلات النووية الحرارية المادة وسيترك النجم بارداً في درجة الصفر المطلق .

الآن . ما هو الشكل الذي ستأخذه المادة في هذه الحالة ؟ إن علينا أن نتذكر أن هنالك بالإضافة إلى قوة الجاذبية قوى أخرى فاعلة هي القوى الكيميائية والنووية ويستطيع المرء رؤية الأهمية النسبية لهذه القوى باعتبار مجموعات صغيرة من المادة . تتألف المادة من أنواع متعددة من الجسيمات الأولية بعضها ثقيل كالبروتون وبعضها وهي الجسيمات التي تزودنا بالشحنة كلالكترون ذات كتلة صغيرة جداً . وتدعى الجسيمات التي تمتلك القدر الأكبر من الكتلة بالباريونات — Baryons — أو الجسيمات الثقيلة . وفي نقاشنا الحالي لا نخطيء كثيراً عند استبدال كلمة الباريون بكلمة البروتون . إذا أخذنا مجموعة من الباريونات من أجل بناء بعض المادة فإن هذه المجموعة قد تكون مشحونة وبالتالي إذا كانت هذه المجموعة مؤلفة من البروتونات فإنها حتماً مشحونة ومن أجل صنع مادة محايدة يجب علينا إضافة مقدار معين من الالكترونات . نستطيع أن نهمل كتلة الالكترونات فيما يلي من حساب . وهكذا ففي حالة حساب قوى الثقالة تكون الالكترونات غير هامة .



وهكذا إذا تركت مجموعة من الجسيمات فإنها وفقاً للمبادئ الفيزيائية المعروفة سوف تستقر في أخفض حالة ممكنة من الطاقة . وكمثال على ذلك كرة المضرب . فهي عندما تستقر في أسفل الحفرة تكون في أدنى طاقة حركية لأنها ساكنة وأدنى طاقة كامنة لأنها في أسفل الحفرة . إن هذه الحالة ذات الطاقة الأصغر تدعى حالة التوازن وقد تم حساب حالة التوازن تلك من أجل عدد صغير نسبياً من الباريونات . وبصورة خاصة إذا اعتبرنا مجموعة مؤلفة من ٥٦٠ باريوناً فإن هذه المجموعة لها حالة توازن فريدة وتتألف من عشر ذرات من الحديد . بوزن ذري قدره ٥٦ ، مرتبة في شبكة بللورية واحدة معينة . إن سبب احتواء حالة التوازن على الحديد دونما غيره من العناصر الأخرى التي يمكن أن تنتج عند ترتيب الباريونات بشكل مختلف هو القوى النووية فيما بين الباريونات إن الشبكة البللورية يمكن أن تتعين بواسطة القوى الكيميائية ويستطيع المرء أن يأخذ ما شاء من مضاعفات  $10 \times 56$  حيث سيشكل ذلك فرقاً بسيطاً جداً . إن أدنى حالة طاقة ستبقى مؤلفة من حديد وزنه الذري ٥٦ . وسيكون الحديد الآن على شكل كرة نصف قطرها حوالي خمسة أميال . عندما يستمر المرء بأخذ مجموعات أكبر فأكبر من الباريونات تتضح عندئذ أمامه معالم مختلفة . فعندما تبلغ هذه الباريونات كتلة أكبر من كتلة الشمس فإن الإلكترونات في المناطق المركزية ستسحق إلى حجوم صغيرة بحيث تبدى بالاتحاد مع البروتونات مشكلة الترونات . إذا أضيف المزيد من الباريونات إلى الكتلة الحرجة فسيكون هنالك انهيار للحجم ويزداد الضغط المركزي بصورة أكبر وكنتيجة لذلك سينحطم المزيد من الإلكترونات بالاتحاد مع البروتونات مشكلاً قدرأ أكبر من الترونات . إن المناطق المركزية سوف تنقلص .

هذا التقلص سوف يقرب أجزاء النجم بعضاً إلى بعض . وهكذا فبتقصان المسافات الحاصل سترداد قوى الجاذبية وبالتالي الضغوط . إن الكروونات أخرى ستتحطم عندما تتحد بالبروتونات وسيأخذ الانهيار شكلاً أسرع فأسرع .

يبدو وكأن هنالك نقطة توازن نهائية لهذا الانهيار عندما تتحول جميع البروتونات إلى نوترونات بحيث تكون النتيجة ما يعرف اليوم بالنجم النيوتروني ، ولكن الأمر ليس كذلك . يقع الانهيار الأول عندما تكون الكتلة مساوية (١.٢١) من كتلة الشمس . الآن وعندما تكون كثافة النجم عالية جداً نجد أن الكتلة الحرجة التي سيحدث الانهيار عندها مساوية ٠.٧ من كتلة الشمس . ولذلك فلا نستطيع الافتراض بأن الانهيار الابتدائي سيتوقف عند وضع توازن ذي كثافة عالية جداً . تظهر الدراسات التفصيلية بدلاً من ذلك بأن الإنهيار الثاني سيحدث عندما تساوي الكتلة ٠.٧ من كتلة الشمس . في هذه الحالة لا تسحق فقط القوى الكيميائية بحيث تندفع الجسيمات لتصبح قريبة جداً من بعضها كالسابق ولكن تسحق أيضاً القوى النووية . هذه القوى التي سببت للنموذج أن يكون مؤلفاً من الحديد دونما غيره . عندما تنسحق القوى النووية تسود قوة الجاذبية .

هل في وسعنا تجنب الاستنتاج بأن الإنهيار الكارثي سيحدث ولو أصبحت المادة ذات كثافة عالية جداً ؟ كلا ، إن هذا مستحيل لأن الإجابة عن مثل هذا السؤال وبسبب حدوث الكثافة العالية جداً لا يمكن أن تتم إلا بالاستعانة بالنظرية النسبية العامة ، وعندما يدرس المرء بدقة تفاصيل توزع المادة في النسبية العامة يجد بأن ضغط المادة يسهم بمقد إضافي يجب أن يضاف إلى الكتلة وهكذا فعندما يتبدى المرء باضافة

مقادير ضئيلة من الكتلة إلى مادة كثيفة جداً وخاضعة لضغط عالٍ جداً فإنه سيجد بأن ازدياد الضغط يسبب ازدياد الكتلة . وفي جميع الحالات فإن مدأ السائل غير القابل للانضغاط المقبول في المنطق العادي غير مقبول في نظرية النسبية والسبب في ذلك هو أننا عندما نقول سائلاً غير قابل للانضغاط فإنا نعني بأنه لا يمكن ضغط هذا السائل أبداً وهكذا فإذا طبقنا على هذا السائل قوة من إحدى الجهات وجب أن تستجيب الجهة المقابلة برد فعل مساوٍ ويجب أن نكون هذه الاستجابة فورية . وهكذا فقد نقل الجسم غير القابل للانضغاط الإشارات عبر نفسه فوراً . أي أن سرعة الصوت في جسم كهذا قد فاقت سرعة الضوء ولكننا رأينا من قبل في النسبية الخاصة أنه لا يمكن لأية إشارة أن تتجاوز هذه السرعة .



تعد ألسنة النار المتصاعدة من الشمس دليلاً على مقدار الطاقة الهائل الذي تفقده النجوم . ولا بد للوقود اللازم من أجل التفاعلات الحرارية النووية من النفاذ واستيراد النجوم حيثئذ إلى درجة الصفر المطلق

يبدو أن النوع الثاني من عدم التوازن لا مفر منه ويوضع المراء من جديد أمام السؤال الصعب التالي . ما هي الحالة النهائية للجسملة إذا كان هنالك مثل هذه الحالة ؟ . هل من الممكن أن نتصور أن المادة العادية ستتتهي من الوجود أخيراً بشكل ما ؟

إن الفناء الذي نشير إليه هنا لا يشبه فناء الأزواج المادية المتضادة الموصوف في ميكانيك الكم حيث يتحد في هذا الميكانيك كل من الالكتررون والبوزيترون بطريقة ما بحيث تختفي المادة ولكن يستعاص عن هذا الزوج بطاقة كافية تجعل توازن الطاقة صحيحاً . أما في حالة الانهيار النهائي فيبدو وكأن المادة ستختفي بمجملها حتماً . إن معالجة هذه المسألة وفقاً للنظرية النسبية العامة هو أمر معقد . فحالما يبدأ هذا الانهيار الكارثي النهائي ستوضع المادة في نهاية المطاف ضمن كرة ذات نصف قطر أدنى من نصف القطر الحرج المشار إليه اعلاه والمربط بكتلة الكرة . ومما يستحق الدراسة بالفعل رؤية ماذا تقول النظرية النسبية العامة حول مسألة المادة المنضغطة إلى هذا الحد الكبير . لقد طرح ماك كريا - William Mc crea - النقاش التالي . إذا كانت لدينا كرة كتلتها  $K$  ونصف قطرها  $r$  وتصورنا . أننا احضرنا جسماً . ليضاف إلى كتلتها . كتلتها  $K$  . من اللانهاية ووضعناه على سطحها . نستطيع أن نحسب استناداً إلى النظرية النيوتنية في الثقالة مقدار الطاقة الكامنة التي خسرها الجسم . إن هذه الطاقة الكامنة هي جزء من الطاقة الكلية للجسم ويفترض أن ترتبط بالكتلة المضافة إلى الكرة بعلاقة  $E = mc^2$  والكتلة قد  $= K$  ض<sup>٢</sup> المشار إليها سابقاً . يتضح إذاً أن مقدار الكتلة المضافة إلى الكرة هو أدنى مما أضيف إلى اللانهاية بقدر معين . يزداد هذا القدر بنقصان نصف قطر الكرة وعندما يصل نصف القطر إلى طول

نصف القطر الحرج فان فقدان الإضافي للطاقة الكامنة يلغي إضافة أية مادة ، بحيث لا تصاف أية مادة على الإطلاق ، يشير ماك كريا بن خلال هذا الحساب بأنه يتعذر على أي جسم أن يتقلص دون نصف القطر الحرج وإن أية محاولة لإضافة المادة بهدف أحداث التقلص ستفشل لأن الطاقة الموافقة للكتلة تتبدد بشكل إشعاع .

يخلق هذا الرأي صعوبات جمة عندما نتذكر أن النسبية العامة ليست نظرية مستقلة عن الفيزياء أو شاملة لها ولكنها مجرد جزء من هذه الفيزياء وأن هنالك . جزءاً آخر مهماً في الفيزياء وهو ميكانيك الكم . وفي هذا الميكانيك قاعدة انحفاظ الباريونات . أي ، كما يعتقد . أن العدد لإجمالي للباريونات في أية جملة ميكانيكية كمية ثابتة . إن المادة التي أحضرت من اللانهاية في التجربة السابقة تتضمن الباريونات بصورة أساسية ولكن عندما أحضرت عادت على شكل اشعاع ونحن نعلم أن هذا الاشعاع عبارة عن جسيمات ضوئية وفي هذه الحالة لا نستطيع تجنب الاستنتاج بأن عدد الباريونات لم يبق ثابتاً مما يخالف تماماً الصيغ الحالية لميكانيك الكم . وفي الحقيقة لا يوجد تضارب ضمن كلا النظريتين ولا يوجد أيضاً نظرية شاملة تحويهما .

والآن ، إذا كان عدد الباريونات في الكون ليست له قيمة ثابتة على الدوام فسوف تشكل الحالة التي يكون فيها عدد الباريونات متحولاً معيناً ضمن نظرية شاملة مناسبة . وإذا كان لا بد من تغير هذا التابع فان أفضل الشروط لتحقيق التغير هي بالتأكيد الكثافة العالية التي تحدث في الأجسام شديدة التقلص . وأكثر من ذلك فان لمجمل هذه النظرية تطبيق مدهش إلى حد ما ومباشر على النماذج الكونية بمجملها فبدلاً من

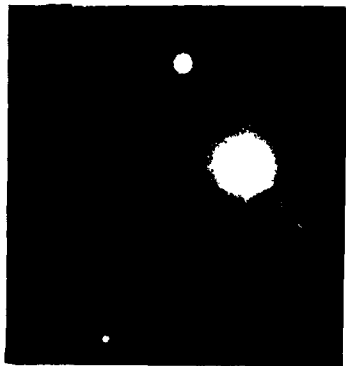
اعتبار أن الجسم يتقلص يستطيع المرء اعتباره يتمدد ويعني ذلك إدارة الشريط السينمائي إلى الوراء وسيقود نوع من المناقشة التي أجريناها حينئذ إلى استنتاجات مناظرة في كون متمدد .

### دلائل من الرصد العملي :

لندع هذه المناقشة النظرية جانباً . . لفترة وجيزة . ولتساءل عن الطريقة العملية التي يمكن أن نرصد بواسطتها التقلص أو التهاافت الكارثي . أو ظواهر أخرى مماثلة . لم يكن هنالك في بادئ الأمر أدنى أمل في رؤية التهاافت الثقالي وكان يظن أن ما يمكن أن نراه هو ما يعرف بالنجم الثرؤني . هذا النجم الذي يشكل نقطة حرجة في مثل هذا الموضوع . حيث يعتقد أن له نص - قطر مساوياً لسته أميال فقط وإذا كان سطح هذا النجم يمتلك نفس حرارة سطح الشمس فانه سيشتع قدرأ من الضوء مساوياً للذي تستقبله الأرض من الشمس فعائاً . ولن نكون قادرين على رؤية مثل هذا النجم في الحالة التي تسبق التهاافت ما لم يكن قريباً منا . كأقرب النجوم المعروفة . وفي الحقيقة لم يتمكن الإنسان من رؤية نجم كهذا حتى الآن وستكون فرصة ذهبية بالنسبة له إذا وقع مثل هذا النجم ضمن الحدود التي يمكن أن يرى منها .

لقد تحققت في الفترة الأخيرة امكانية جديدة تتركز في علم الفلك الراديوي الذي تحدثنا عنه في الفصل الأول . فقد تم التعرف في عام ١٩٦٠ على المصدر الراديوي 3 C48 أي المصدر الثامن والأربعون في المجند الثالث للمصادر الراديوية لجامعة كامبريدج وذلك بمقارنة موقعه حسب الاصدار الراديوي مع صور المسح الفوتوغرافي للسماء المأخوذة من مرصد جبل بالومار ( Mount Palomar ) حيث وجد جسم شبيه

بالنجم ذو خواص غير عادية في نفس الموقع تماماً . كان الإشعاع الصادر من الجسم الشبيه بالنجم هذا . ذا مركبة فوق بغسجية قوية وكان هذا الجسم محاطاً بقدر ضئيل من المادة السديمية أما طيفه وبذلك خطوطاً حادة تستعصي على التفسير وفي عام ١٩٦٣ تبين لمايرن شميدت Marten Schmidt الذي كان يدرس جسماً غير عادي آخر هو 3C273 أن الخطوط الحادة في الطيف هي في الحقيقة نفس الخطوط التي تظهر من جسم غازي ذي مصدر مركزي للطاقة . إن هذه الخطوط كانت متراخية إلى حد كبير نحو النهاية الحمراء للطيف وفي الحقيقة إذا فسر هذا الانحراف وفقاً لظاهرة دوبلر فسيمتلك الجسم حينئذ سرعة تراجع مقدارها ١٤ بالمائة من سرعة الضوء .



يساوي لمعان الكوازارات - quasars - لمعان آلاف النجوم . في حين أن حجمها لا يتجاوز ١٠٠٠/١ من حجم النجوم . يظن بأن الكوازارات -qua sars- هي أجسام شديدة البعد عنا وتراجع بسرعات هائلة ويعد 3C48 إلى اليسار وكذلك 3c273 إلى اليمين من أقدم الكوازارات - quasars - المعروفة

تجعل هذه النتيجة ، التي تنبأ بإمكانية تحرك الجسم بمثل هذه السرعة الخيالية. المرء يعتقد أنه ربما كان بالإمكان تحليل ظاهرة الانزياح نحو الأحمر تعليلاً آخر . حيث أن هنالك على الدوام طريقة أخرى للتعليل تستحق الدراسة . فقد أشرنا فيما سبق إلى الطريقة التي يسهم بها تغير الطاقة الكامنة للجسيم ما في تغيير الكتلة وذلك وفقاً لعلاقة آينشتاين للطاقة والكتلة  $E = mc^2$  . فإذا افترضنا أن هذا التغير يشير أيضاً إلى الفوتونات . وهي الجسيمات التي تتألف منها الأشعة الضوئية فإن الانزياح نحو الأحمر يمكن أن يعلل بوجود حقل ثقالي شديد . تنطوي هذه المناقشة على شيء من المخاطرة لأنها أولاً تخلط ما بين الفكرة النيوتنية عن الطاقة الكامنة ورأي النظرية النسبية حول تكافؤ الطاقة والكتلة . وثانياً وبشكل أكثر جدية أنها تطبق هذا المزيج من الآراء على الفوتون وهو الجسيم الذي تساوي كتلته المستقرة الصفر . لقد تغلبت النظرية النسبية العامة على جميع هذه الاعتراضات . وعندما يفترض المرء أن الفوتونات لها كتلة مستقرة تساوي الصفر فهو يستطيع تعيين حركتها في حقول الثقالة المختلفة . ويمكن التنبؤ بأن الانزياح نحو الأحمر هو بسبب تغير الحقل الثقالي من حقل ذي شدة معينة إلى حقل ذي شدة أدنى . وفي الحالة الخاصة لـ 3C273 استطاع شميدت أن يبرهن أن من المستحيل الحصول على مثل هذه الخطوط الطيفية الحادة . التي يعطيها هذا المنبع . وكذلك الحصول على هذا الانزياح نحو الأحمر بدون تأثير التراجع . أي من المصادر الجاذبة وبالإضافة إلى ذلك تمكن غرينشتاين وماتيو -Jesse Greenstein and MatheW- باستخدام الدلائل التجريبي من إيجاد تعليل صحيح للخطوط الطيفية للمصدر 3C48 حيث اكتشفوا أن ذلك يوافق سرعة

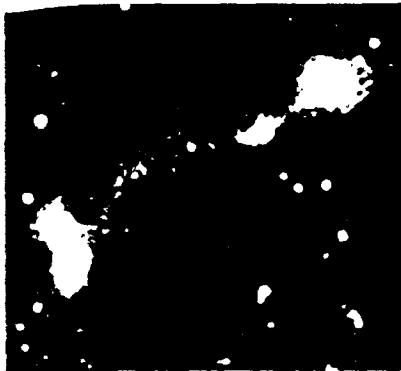




بالمقارنة مع خطوط طيف الهيدروجين في المخبر حيث باعدنا بين هذه الخطوط لايفضاح  
الرؤيه يتضح مقدار الانزياح نحو الأحمر الخاص بـ 3C273 ويشير الانحراف  
المساوي ١٦ بالمائة إلى مسافة قدرها ١,٥٠٠ إلى ٣,٠٠٠ مليون سنة ضوئية

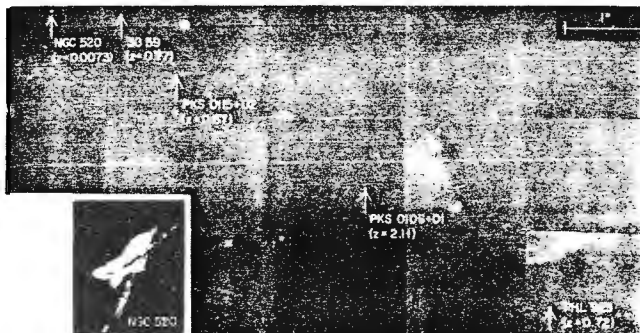
تراجع مقدارها ٣٠٪ من سرعة الضوء . أما المصدر 3C273 فلم يستطيع أحد تفهم كنهه على الرغم من تصويره في أكثر من ثلاثة آلاف مناسبة . ويعني الانزياح الكبير للكتل نحو الأحمر . استناداً للتعريفات الجديدة للمسافة ( المذكورة في فصل سابق ) : بأنها واقعة على مسافة بعيدة وإذا كانت هذه الكتل فعلاً واقعة على مسافات بعيدة فان الطاقة الصادرة عنها . على شكل ضوء أو حتى على شكل طاقة راديوية لا بد أن تكون طاقة هائلة ويرى هويل - Hoyle - أن الطاقات تنتج بآلية غير معروفة لدينا حيث تستخدم طاقة الجذب المحررة بواسطة التقلص الثقالي . توالى الاكتشافات بعد ذلك على نحو سريع حيث اكتشف عام ١٩٦٥ جسم ذو انزياح نحو الأحمر يوافق انخفاضاً في مقدار تواتر كل خط طيفي إلى النصف . وقد رد ذلك إلى المسافة الشاسعة . إن كثيراً من الأجسام التي تمتلك انزياحات كهذه أصبحت

معروفة اليوم وتختلف في شدتها بمرور الزمن سواء بالاصدار الراديوي أو الضوئي حيث تبدو أشد لمعاناً في أوقات معينة منها في أوقات أخرى وقد تبين في عام ١٩٦٥ أيضاً أن هنالك تجمعاً كبيراً منها أطلق عليه اسم كوازار « Quasars » ( للدلالة على المصادر الراديوية شبه النجمية ) . بعض هذه النجوم ذات اصدار راديوي وبعضها ذات اصدار ضوئي . وقد برهن في السنوات الأخيرة الماضية أن المصادر الراديوية تمتلك أقطاراً صغيرة إلى درجة كبيرة . ويغاب الظن اليوم أن الخطوط الطيفية التي سبقت ملاحظتها تخص الغاز الحار المحيط بالمصادر . هذا الغاز قد يكون أكثر تمدداً من المصدر الفعلي ونستطيع القول إن هذا الغاز عبارة عن مركب كيميائي عادي يشبه غازات الشمس أو غازات النجوم الأخرى في مجرتنا .



افترض تيрил Terrell أن الكوازارات - quasars - أجسام انتشرت من مركز مجرتنا بسرعة عالية وحصلت عل ألوانها بسبب ظاهرة مشابهة في مكان آخر وتظهر دراسة المجرة الثلاثية IC3481 بأن انفجارات قد تحدث في مراكز المجرات بحيث تنفصل أجزاء كبيرة منها بسرعات عالية لا تقل من آلاف الأميال في الثانية

لقد أعطى اقتراح هويل ووليم فولر بأن التهافت الثقالي قد يكون مسؤولاً عن طاقة المصادر دافعاً قوياً لعمل النظريين في النسبية العامة ، وقد جعلت الطبيعة المتغيرة للكوازارات Quasars مزيداً من الناس يشعرون بالتساؤل عن طبيعة الانزياح نحو الأحمر . إن هنالك سبباً للانزياح نحو الأحمر ؟ ثانياً ، إذا كان الأمر كذلك فهل سبب هذه السرعة هو توسع الكون مما يعطي مسافة شاسعة ؟ أو أن سببها ، كما اقترح تيريل - J Terrell - أجسام تنأثرت من القسم المركزي لمجرتنا بسرعة كبيرة جداً . إن مسألة تغير مقدار الضوء أو تغير مقدار الإشارات الراديوية ، هي مسألة شائكة . إن أجساماً كهذه ، كما يشعر المرء بدهيا ، والتي يجاوز سطوعها سطوع مئات السدم التي نعرفها اليوم لا يمكن أن تكون صغيرة بحيث يتغير قدر الإشعاع القادم منها بصورة ملحوظة وعبر فترة سنوات أم أشهر ، وبعبارة أخرى فإن من الصعوبة بمكان تكوين نموذج ثابت حول ما إذا كان الكوازار - Quasar - يقع على مسافة كونية ، وإذا لم يقع على مسافة كونية فلا يمكن حينئذ شرح الانزياح نحو الأحمر ببساطة على أنه نتيجة لتوسع الكون وسيكون هذا الانزياح مرتبطاً بالجسم . نحن أمام احتمالين فاما أن نعود لرأي تيريل - Terrell - بأن هنالك سرعات عالية أو أن نقبل بأن هنالك نوعاً آخر من الانزياح نحو الأحمر مرده الثقالة . أما مشكلة اقتراح تيريل بأنه لا بد من وجود بعض الانزياحات نحو الأزرق ، بما يوافق حركة نحونا كما هو الحال بالنسبة للانزياحات نحو الأحمر . فإن مثل هذه الانزياحات لم تنحظ .

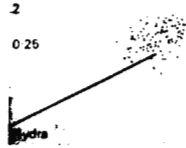


بحث ارب و H.C.ARP عن علاقة تربط ما بين توزيع اشباه النجوم ذات الاصدار الشديد ، أي الكوازارات - quasars - والدم يظهر الشكل الرئيسي أربعة من تلك النجوم وقد توضع على خط مستقيم بجانب المجرة NGC520 ( الموجودة بقدر من التفصيل على يسار الشكل ) وإذا لم تمكن الصدقة سبباً في هذا التوضع فمن المحتمل أن سببه انتشار هذه النجوم من وسط المجرة

إن الوضع الذي يعتبر وجود انحرافات نحو الأحمر بسبب الثقالة أفضل قليلاً. إن نقاش غرينشتاين وشميدت -Grenstein; Schmidt- الأصلي والذي فحواه بأنه يستحيل على الثقالة أن تشرح الانزياح نحو الأحمر قد افترض بأن خط الطيف الملاحظ يأتي من قشرة رقيقة من الغاز تحيط . بجسم ذي كتلة كبيرة . أما هويل وفلور ( hoyle and Flower ) فقد أظهرها عام ١٩٦٧ إمكانية التغلب على هذه العقبة إذا كان الغاز الذي يعطي الخط الطيفي مركزاً في مركز الجسم وغير منتشر حوله وسيكون حينئذ في منطقة ذات طاقة ثقالية كاملة منخفضة ويمكن حينئذ للانزياح المطلوب نحو

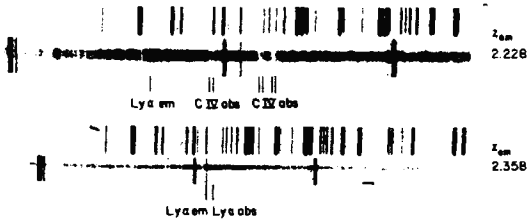
الأحمر أن يتج ولا يجب على الجسم مع ذلك أن يكون عاناً بالنسبة للإشعاع ويمكن أن يكون مؤلفاً من عدد من النجوم المتراسة كبير ، وربما كانت هذه النجوم المتراسة عبارة عن نجوم نرونية وفي الحقيقة لم ينشأ حتى الآن نموذج مقنع يشرح الانزياح نحو الأحمر بتأثير الجاذبية

يوضح الشكل العلاقة ما بين الانزياح نحو الأحمر والمان الظاهري لحوالي مائة وثلاثون من الكوازارات - quasars - ويرى كذلك الخط المثل لعلاقة هابل الطبيعية . إن التجمع تحت نية الانحراف المساوي ٢١ واضح جداً . لقد بينا في الشكل التالي طيف اثنين من هذه الأجسام البعيدة .



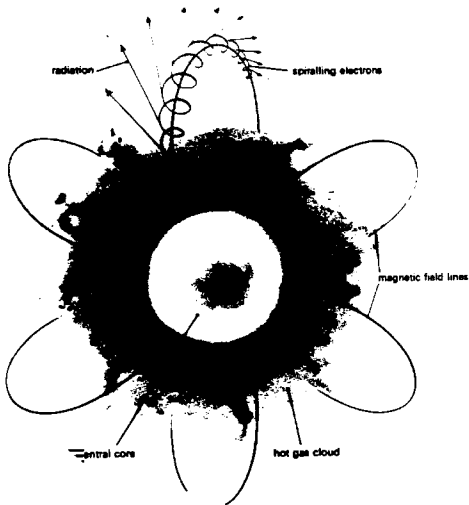
إن العديد من الملاحظات التي تتناول علم الفلك برزت إلى الضوء في هذه الأثناء وكمثال على ذلك ما طرحه آرب ( HARP ) في مناقشات متعددة لدعم فكرة ان الكوازارات - quasars - لا تقع على مسافة كونيه بل تتواجد جميعها في المجرة . لقد بحث آرب عن علاقات تربط استقامات هذه الأجسام مع سدم متنوعة ومتميزة . حيث أن من المعروف أن هذه السدم لا تقع على مسافة شاسعة . لقد أهملت الدراسة التي قام بها آرب فترة من الزمن بسبب صعوبة متابعة الجدول الاحصائي الذي قام به وهناك بعض الأمثلة التي تظهر فيها الاستقامة بشكل ملحوظ كالاستقامة فيما بين أربعة من الكوازارات - quasars - والمجرة غير العادية NGC 250 . توحي هذه الأمثلة بشدة بأن هناك علاقة ما بين الأجسام التي تقع خارج المجرة والأجسام التي لها انزياحات

مختلفة نحو الأحمر ويعني ذلك بدوره ، بالرغم من الصعوبات النظرية ، فكرة مقنعة وهي أن الكوازارات « quasars » قد تبعثت من مراكز السدم . ويظهر قدر معين من الجدل الاحصائي والذي يبدو أنه جمع بأن انزياح الطيف نحو الأحمر يتوقف كلياً عند قيمة أكبر من ، بحيث تتجمع معاً . ومهما يكن من أمر فإن الدعم الاحصائي لهذه الملاحظة ضعيف ويعتقد بعض الناس أن الانزياح نحو الأحمر يمكن أن يأخذ أية قيمة ( وعلى الأهل أية قيمة دون القيمة ٢ ) أما إذا كانت هنالك أية ذرى في توزع الانزياحات ( ذات القيم المختلفة ) نحو الأحمر فإن ذلك يعني بالضرورة أن نظرية الحالة الثابتة مستحيلة تماماً ما لم يتمسر الانزياح نحو الأحمر وفقاً لتركيبة المجرات أكثر من تفسيره وفقاً لموقعها وحركتها وذلك لأنه إذا كان هنالك انتظام معين في السرعة التي تسير بها المجرات فلا بد من وجود حادثة غير عادية في وقت ما أدت لهذا الانتظام .



إن انزياحاً نحو الأحمر مساوياً ٢ يكافئ سرعة مقدارها ٨٠٪ من سرعة الضوء . يمثل الطيف العلوي طيفاً مخبرياً لضوء مزيج من الآرغون والهيليوم أما الخطوط السوداء التي تقطع مجمل الطيف فهي خطوط زئبق ناتجة عن أضواء المدينة . إن هذا الشكل يعتبر مثالا لتأثير التفتية على العلم النظري

إن غياب الانزياحات نحو الأحمر التي تتعلق بقيمتها ٢ يمكن اعتباره ناشئاً عن التوسع أو عن نظرية الحالة الثابتة وهما تكن وجهة النظر التي سنتبناها حول هذه الملاحظات فمن الواضح أنه في مرحلة ما من تاريخ السديم أو النجم الكبير انقلب قدر كبير من الطاقة : إن هذه الطاقة كبيرة جداً بحيث لا يمكن أن تحدث بتأثير التفجرات الحرارية النووية وحدها . هذه الطاقة تعطي قدراً كبيراً من الضوء والأشعة تحت الحمراء والموجات الراديوية . واثبتت طاقة كهذه يجب أن يتخيل المرء كتلة كبيرة جداً موجودة في حجم صغير جداً . وتشير وجهة النظر العادية حيال ذلك وكما ذكرنا إلى أن الطاقة المحررة هي طاقة ثقالية . ولكن وجهة النظر هذه لا تتحدد الآلية التي يتم بها ذلك وقد اقترحت آراء متعددة لتحديد هذه الآلية كالأصلددام فيما بين النجوم أو التفجرات الكارثية الجاذب لنجم وحيد الكتلة ، ولم يبق شيء من هذه الآراء الاستحسان لأن مسألة هامة ظلت غير منقاة . إن من الضروري دوماً اعتبار وجود كتلة كبيرة جداً ضمن حجم غير كبير أي وبصورة تقريبية تركز هذه الكتلة في منتصف الكوازار . إن الكثافات التي ترى عادة في مركز السدم أصغر بكثير من الكثافات في الكوازار وفي الحقيقة فليس من الواضح أبداً الحد الذي يمكن بموجبه لحسم أن يصبح شديد الكثافة بعدما كان قليل الكثافة خلال زمن نستطيع معرفته بسبب معرفتنا لمعدل توسع الكون وهو محدود ١٠.٠٠٠ مايون سنة ، ويعتبر ذلك حجة قوية ضد نظرية التوسع . أما بالنسبة لنظرية الحالة الثابتة فيمكن القول بأن المناطق التي تمتد فيها الكوازارات - quasars - كلاً كبيرة ليست سوى مناطق تشكل ويمكن في نظرية الكون المتوسع اعتباراً من حالة ابتدائية أن يتصور المرء كوناً متوسعاً في بعض الأحيان ومتنصفاً في أحيان أخرى عندئذ تغلغ هذه المناطق متخلفة في طور تقصصها عاصمياً .



لا تزال آلية إنتاج الإشعاع في الكوازارات - quasars - أمراً غامضاً وربما كان هناك مركز صغير نسبياً تصدر البلازما الموجودة فيه تياراً من الإلكترونات التي تدور حلزونياً في حقل مغناطيسي . وتنتج مثل هذه الآلية اشعاعاً ولكن بسبب صغر الحجم وكبر الطاقة ستفقد هذه الإلكترونات طاقتها بطريقة ما

#### مصادر الإشعاع :

لقد كان الوضع ، كما يمكن أن يرى ، على قدر كبير من عدم الانتظام . وعلى الرغم من جميع المشاكل القائمة ما زال الكثير من الفلكيين يعتقدون أن التفسير القاضي بوقوع الكوازارات على أبعاد كونية هو من أكثر التفسيرات اقناعاً . وإذا تبين المرء هذا الرأي فسيجد . وبسبب العلاقة بين مقدار المعان الظاهر والانزياح نحو الأحمر ، أن الكون كون متطور فعلاً ومن نسوع لوميتر - Lemaître - .



ويبقى هنالك عدد معين من النظريين الذين يأخذون بمجدية باللغة الإمكانية الأخرى ، أي أن الكوازارات ليست على بعد كوني منا ، وإنما هي قريبة جداً من مجرتنا . إن ذلك يعني أن الانزياح الكبير نحو الأحمر للضوء القادم منها هو خاصة من خواصها تستحق الدراسة وليس لذلك صلة بالاختيار ما بين النظريات الكونية المتنافسة . إن الانزياح نحو الأحمر إذاً ذو أهمية كبيرة لاختبار نظريات الثقالة حيث أن حوادث الانفجار تحدث دائماً في المناطق التي نحب فيها الحقول الثقالية القوية دوراً هاماً .



تفترض نظرية الكون النابض وجود كرة نارية ابتدائية . هذه الكرة تبدأ بالتوسع ويستر توسعها لفترة تقارب ٤٥٠٠٠ مليون سنة إلى حجم أعظمي ثم لا تلبث أن تنقلص إلى كرة نارية مرة ثانية وهكذا

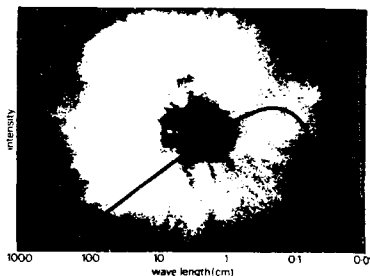
لقد وفرت فترة الستينات دليلاً تجريبياً قوياً آخر لعلم الكون بحيث أصبح توازن الأمر في غير صالح نظرية الحالة الثابتة وبغض النظر عن الملاحظات التي تدل على تراجع الكون مما يعارض نموذج الحالة الثابتة فإن هنالك برهاناً مباشراً ألا وهو الحرارة المتخلفة من الانفجار

« الخاق » . إن إشعاع الانفجار وبسبب التوسع برد إلى ثلاث درجات كغفن .

وكحقيقة تاريخية ابتداء الناس بالنظر إلى الإشعاع ذي درجة الحرارة ٣ كغفن على أساس كون متطور باستمرار اقترحه ديكبي - Dicke - الذي تصور أن الكون المتوسع سيتقاص منهائاً إلى شكل كرة متقدة . من الهيدروجين . هذه المادة هائلة الكثافة سوف تنفجر من جديد وستعاد الكرة باستمرار وهكذا وكما ذكرنا فإن الدرجة ٣ كغفن تعني الإشعاع المتخلف من الانفجار الابتدائي ، وهو ما كشف عنه الفلكيون مؤخراً .  
لنتحدث الآن عن الطريقة التي اكتشف بها هذا الإشعاع . في أوائل الستينات كان كل من العالمين بترياس ووياسون - A.A. Penzais and R.W Wilson - من مختبرات هاتف بيل ( bell Telephon laboratory ) يحاولان البحث عن ضجيج موجة قديمة ذات طول موجة مقداره ٧ سم اعتقداً أنه قادم من الغلاف الجوي للأرض . كان الجهاز الذي استخدماه عبارة عن هوائي يمكن توجيهه بمخالف الاتجاهات وقد وجدوا أن مقدار الضجيج يختلف حسب الاتجاه وكان ذلك متوقفاً بسبب اختلاف الغلاف الجوي ، ومن المدهش حقاً أنه عندما رسمت هذه النتائج بعدما أزيل تأثير الغلاف الجوي اتضح بأن هناك قدراً صغيراً من الإشعاع المتخلف .

إذا نكر أن الزم بالكون وفقاً لمادير ترموديناميكية فربما يطرح السؤال التالي : ما نوع الإشعاع الذي يتولد عن درجة حرارته ؟ حتى نعطي هذا السؤال عميقة أكثر فهماً فإن علينا أن نذكر بعض الحقائق حول الإشعاع . إن أي شيء قد لاحظناه فعلاً كيف أن قضيباً معدنياً موضوعاً في النار

سوف يصدر وهجاً أحمر وكما كانت درجة حرارة النار أكبر اختلاف اللون ليصبح أقل احمراراً وهكذا حتى يصبح أبيض في النهاية . ويمكن شرح الإشعاع في حالة الضوء هذه وفقاً لنظرية ماكسويل في الكهربية شرحاً وافياً ولكن هذه النظرية لا تذكر شيئاً عن الحرارة وهي غير قادرة على شرح كيفية تغير لون القضيبي مع الحرارة . إن من المناسب حقاً أن نستخدم بدلاً من القضيبي المعدني صندوقاً مغلقاً ثقب من أحد السلوح بحيث يمكن للمرء أن يرى ما في الداخل ، وسيتكلم المرء في هذه الحالة عن اشعاع التجويف أو عن اشعاع الجسم الأسود . إذا سخنا الصندوق إلى درجة حرارة معينة من الخارج بواسطة موقد بنسن ونظرنا من خلال الثقب فنرى اشعاعاً ذا طيف معين ونعني بذلك أنه ستصدر شدة معينة للون الأحمر وشدة معينة للون الأزرق والبنفسجي وهكذا يمكن أن تُحدد طاقة الألوان المختلفة في الضوء حسب الحرارة .



إذا كان الإشعاع الخلفي بقايا انفجار ابتدائي فانه يجب أن يكون قريباً جداً من هذا المنحنى

نستطيع في الحقيقة أن نقال من صعوبة هذه المسألة إلى درجة معقولة وذلك أولاً برسم المنحني الذي يعطي شدة الضوء بدلالة اللون حيث يقاس اللون بدلالة التواتر وعندئذ يرسم المرء هذا المنحني من أجل درجة حرارة معينة يستطيع استنتاج المنحني الموافق للموجات حرارية أخرى ولقد برهن ويلهلم فين - Wilhelm Wien - على ذلك منذ عام ١٨٩٣ بواسطة المناقشات الترموديناميكية - Thermodynamic - التي أجراها . ولكنه لم يستطع التنبؤ بتوزيع الطاقة حسب درجة الحرارة من أجل أية درجة حرارة خاصة . أما طريقة استنتاج التوزيع عند درجات حرارة أخرى فلم يمكن لها أن تبتدىء . لقد استخدم كل من لورد رايلي ( Lord rayleigh ) وفين ( Wien ) نفسه مناقشات أخرى بخصوص هذه المسألة أعطت أجوبة متعددة ولكنها خاطئة . وفي عام ١٨٩٩ قام ماكس بلانك ( Max Planck ) بإجراء تعديل طفيف على هذه الأجوبة فكان قادراً على إيجاد القيمة الصحيحة لتوزيع الطاقة على التواترات المختلفة من أجل حرارة معينة .

وبعبارة مبسطة ، ما هي درجة حرارة الكون السائدة ؟ بما أن الكون يبدو عديم الرابطة بما هو ، بمعنى ما ، خارجي عنه ، فإن الجواب الطبيعي عن مثل هذا السؤال هو أن درجة حرارة الكون قريبة من الصفر المطلق وسطياً .

لقد قلر جورج غاموف ( George Gamow ) وزملاؤه بالأرقام وجود اشعاع جسم أسود . ناجم عن درجة حرارة منطقة تبلغ بضع درجات ، وذلك منذ أربعة عشر عاماً . ولكن دراستهم بخصوص ذلك قد أهملت . يبدو أكيداً حسب نظرية الكون المتطور

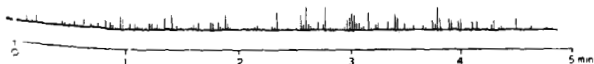
التي ذكرناها أن توزع الإشعاع في الكون لا يختلف عن توزع الإشعاع الصادر عن الجسم الأسود إلا بمقدار ضئيل ربما لا يجاوز جزءاً في المليون ، نلاحظ أن النقاط المختلفة من منحنى شدة الإشعاع كانت جميعها على اتفاق تام مع النقاط المختلفة من منحنى اشعاع الجسم الأسود وذلك من أجل درجة حرارة مقدارها ٢,٧ كلفن كما يمكن أن نتوقع اعتماداً على فرضيات الكون المتطور وفي الحقيقة فقد اكتشفت حديثاً نقاط أخرى من المنحنى وقد وجد أن بعضاً منها ينحرف عن منحنى الجسم الأسود بصورة ماحوذة .

ومهما يكن ، فيمكن شرح هذا الإشعاع وفقاً لعماية خالق مستمر في نظرية الحالة الثابتة وإذا لم يكن الإشعاع ، حقيقة ، اشعاع جسم أسود فسيصبح الشرح واضحاً ، يحمل مثل هذا الشرح إذا ما حصلنا عليه امتداداً قيماً للنظرية لكونه يظهر طبيعة عماية الخالق ، ولكن الأرصاد الحديثة جداً تظهر ، وبدرجة عالية من الدقة ، أن هذا الإشعاع ذو قيمة ثابتة في مختلف الاتجاهات وهذا بالطبع ما يمكن أن نتوقعه فيما إذا كان هذا الإشعاع من بقايا الانفجار الكوني الكبير ، أما إذا كان خلفية في عماية خلق فان عدد المراكز التي يحدث فيها الخلق يجاوز عدد السدم بكثير وفي حين أن ذلك غير مستحيل فان من الصعب تصديقه ، وهذا يعني أن الضغط في الانفجار الكوني الكبير والذي يشكل الإشعاع بقاياه هو الاحتمال الأكبر .

### النجوم النابضة : Pulsars

مهما تكن النتيجة النهائية التي يمكن استخلاصها من الكوازارات وبنيتها فقد أدى اكتشافها في الستينات إلى اكتشاف نوع آخر من

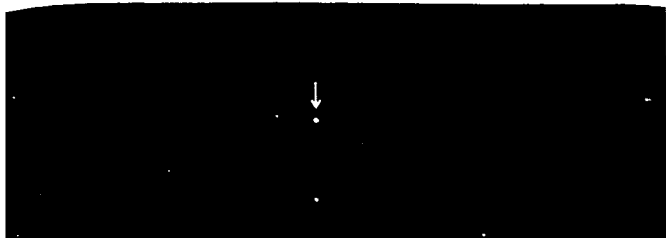
الأجسام ذات الأهمية الكبيرة في الفيزياء الذرية. تنبع أهمية الكوازارات من كونها ذات حجم صغير جداً . وقد علمنا ذلك بطرق عدة منها أن الإشعاع الصادر عن تلك النجوم يمر عبر سحبات الهيدروجين المنبهة من الشمس مما يسبب تفاوتاً في الأمواج الراديوية ويمثل ذلك الطريقة التي يسبب بها الغلاف الجوي للأرض للضوء القادم من النجوم أن يوهن . إن السدم العادية لا توهن بسبب كبر حجمها بخلاف الكوازارات . وهكذا فإن إحدى طرق الاكتشاف التقليدية لها تتم عن طريق البحث عن مصادر راديوية ذات تفاوت سريع .



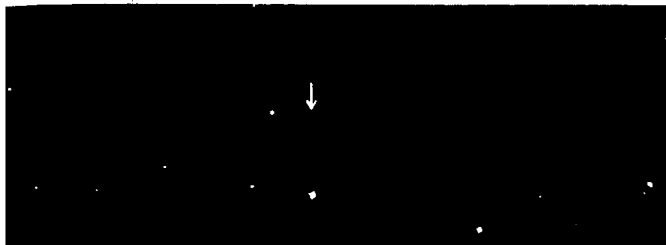
تتميز النجوم النابضة باصدار نبضات حادة من الطاقة الراديوية ( الإشعاعية ) تحدث خلال فترات منتظمة مدة كل منها ثانية أو أقل

في عام ١٩٦٨ ومن خلال تحريك من نفس النوع كان يجري في كامبريدج برئاسة أنطوني هيويش - Antony heuish - تم اكتشاف مصدر راديوي غير عادي . هذا المصدر تم اكتشافه من قبل الأنسة بيل - Miss. s.j. Bell - ومن خلال تحليل مخططات التناوت ظلت الأنسة بيل في البدء أن الإشارات المبروسة مصدرها تشويش مرسل سيارة شرطة ، ولكن الإشارات كانت تتكرر حوالي مرة واحدة كل أسبوع ثم تختفي لفترة شهر كامل ثم تعيد الكرة بشكل غير متوقع كالسابق . لقد كانت الإشارات عبارة عن ومضات حادة من الإصدار الراديوي تمتد لفترة لا تتجاوز واحداً إلى مائة من الثانية

وتحدث في فترات منتظمة تبلغ دقتها أجزاء الثانية ويدل ذلك على اصدار جسم صغير جداً . وبالأدب إذا كان الجسم المصدر له نفس حجم الشمس مثلاً وتوقف اصداره فجأة فان الأزمان المستغرقة لوصول الضوء من أجزائه المختلفة إلى ناظر ما ستختلف . وفي الحقيقة يستلزم المرء القول إن هذه الأجسام المرسدة والتي تسمى النجوم النابضة يجب ألا يحاوز حجمها حجم الشمس ويجب بالإضافة إلى ذلك أن تقع حتماً خارج النظام الشمسي وغير مرئية بصرياً . لقد تم اكتشاف الكثير من النجوم النابضة فوجد أن لها جميعاً خصائص متشابهة إلى حد كبير . ولا يتوقع أن تكون كواكب لنجوم غير الشمس لأن حركتها المدارية لا تظهر انحراف دوبلر - Doppbr shift - ويستطيع المرء أن يستنتج من ذلك أنها ليست اشارات اصطناعية . وهي امكانية لم تكن مستبعدة عندما ظهرت هذه النجوم . لتتصور كم عدد النجوم في الكون التي حجمها من حجم الشمس ، وكم منها يمكن أن يمتاز كواكب على مسافة يمكن مقارنتها بمسافة الأرض وهكذا يمكن أن نحوي حياة مشابهة لحياتنا ، يتضح أن العدد كبير بحيث تصبح فرصة وجود حياة في الكون جيدة جداً بالفعل . إن حياة كهذه تشبه حياتنا قد تكون مختلفة عنا كثيراً أو متقدمة . إن بعض الكواكب وربما نصفها حيث نشأت الحياة يحتمل أن تحوي كائنات اكتشفت اشارات الاشعاعات الكهرومغناطيسية فأخذت ترسل عن عمد الإشارات محاولة معرفة ما إذا كان هناك من يشاظرها الحياة في هذا الكون . إن اشارات كهذه ربما تكون أيضاً اصدارات مصدرها الكواكب نفسها .



Aug 1937 - exposure 20 min.

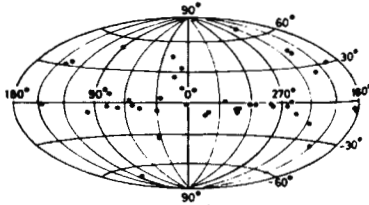


Nov 1938 - exposure 45 min.



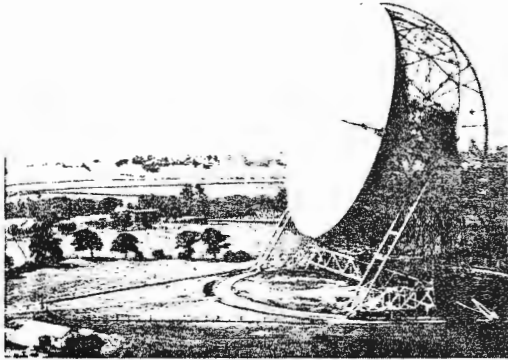
Jan 1942 - exposure 85 min.





الشكل الأيمن : يظهر توزيع النجوم النابضة بالنسبة لمجرتنا نجماً في مستوى المجرة  
 الشكل الأيسر : تظهر هذه الصورة الملتقطة لاحدى المجرات البعيدة عام ١٩٣٧  
 مستمراً علافاً - Supernova - وبعد سنة من ذلك أصبحت المجرة وبهد  
 تعرض استمره : دقيقة باهتة  
 أما في عام ١٩٤٢ ومن خلال تعرض طويل بدت النجوم المجاور بشكل أكبر ولكن  
 المستمر العلقاق - Supernova - انخضى

ومهما يكن ، فاذا لم يتوفر أي دليل عن حركة الكواكب ، يجب  
 حتمئذ على الإشارات أن تأتي من شيء ما يشبه النجم الذي ينتج طاقته  
 الخاصة ويصبح من غير المتصور أن يكون أي شكل من أشكال الحياة  
 مسؤولاً عن الاشارات . تتأثر الإشارات الراديوية ، بأطوال موجاتها  
 المختلفة ، بالهليروجين المتأين فيما بين النجوم . كما أن الاختلاف في  
 أطوال موجات النبضات يعطيها أزمان وصول مختلفة ويمكن انفلاقاً  
 من ذلك معرفة المسافة التي تفصلنا عن النجوم النابضة ويتضح أنها تبعد  
 عنا مسافة من رتبة مائة سنة ضوئية أي أنها واقعة في مجرتنا . يبين اكشا  
 المزيد من النجوم النابضة باستمرار حقيقتها المذهبة التي تتمثل في دقتها  
 الكبيرة في المحافظة على التوقيت وتصل دقتها هذه إلى جزء من ألف  
 مايون جزء خلال أسابيع . لقد أثار المزيد من التحري أن هناك انخفاضاً  
 مستظماً في تواتر الإعادة وذلك بالطبع عامل مهم في فهم الظبيعة  
 الفيزيائية للنجوم النابضة :



يشكل الشكل أكبر أجهزة الرصد في العالم وتصل أبعاده إلى ٢٥٠ قدم ويقع في جوردنيل.  
لقد زودنا هذا المرصد بمعظم ما نعرفه من معلومات حول النجوم النابضة في السماء  
الشمالية

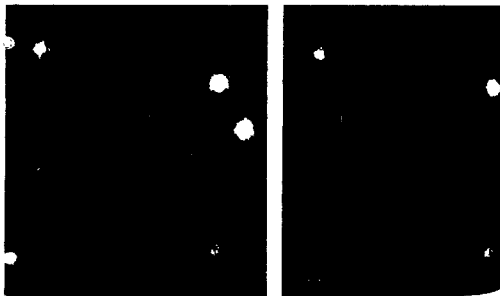
إن من أحد الحقائق الغريبة حول النجوم النابضة أن الفلكيين  
البصريين لم ينجحوا حتى الآن أبداً بربطها بالمصادر الضوئية كما أن  
معرفة عدة عشرات من النجوم النابضة وعدم نجاح أي ربط من هذا  
النوع لا بد أن يكون له مغزى معين لن تتضاءل قيمته إذا انضحت  
في المستقبل بعض الروابط ما بين النجوم النابضة والمصادر الضوئية .  
إن معظم النجوم النابضة التي اكتشفت متوضعة في مستوي المجرة مما  
يجعلنا نتذكر الوضع القائم عندما اكتشفت المصادر الراديوية الأصابع

حيث ساد جدل كبير حول ما إذا كانت هذه المصادر مرتبطة بالهجرة أم لا وبالتالي ربما كانت هنالك مجموعتان من النجوم النابضة .

هنالك العديد من النظريات التي وضعت حول تكامل النجوم النابضة ومن هذه النظريات ما ذكرناه سابقاً عن النجم في نهاية حياته وربما كان من المفيد في هذا الموضع الخوض بقبائل من التخصيل في الأفكار النظرية حول دورة حياة النجم . إن التفاعل النووي الحراري الذي ينتج الإشعاع الآتي من النجوم النابضة ناشئ من تحول الهيدروجين إلى هليوم . ينحصر الهيدروجين بسبب الثقالة بعد ذلك نحو الداخل . ويحافظ نجم دون حجم متوازن كالشمس على حجمه الثابت بفعل التوازن ما بين ضغط الإشعاع نحو الخارج وضغط الثقالة نحو الداخل وعندما يتحول جميع الهيدروجين إلى هليوم يشارك الهليوم بدوره في تفاعل جديد يحوله إلى عناصر أعلى وفي نهاية المطاف تستهلك جميع التفاعلات النورية الممكنة ونصل إلى بداية النهاية .

في نقطة بداية النهاية هذه هنالك أوضاع محتملة متعددة . فالنجم قد ينتهي بكتلة أدنى من الكتلة الحرجة ، التي يمكن أن تستمر ، وهذه الكتلة أكبر من كتلة الشمس بقبائل . ويطلق على النجم في هذه الحالة اسم القزم الأبيض - White dwarf - أما حجمه فيقابل حجم الأرض ويبرد تدريجياً ، أما إذا كانت الكتلة أكبر بقبائل من الكتلة الحرجة عندئذ تنهات نواة النجم كما شرحنا أعلاه وتتمدد الانكروونات والبروتونات معاً مشكئة الترونات . ويتبع ذلك انكماش ومط النجم ويطلق قسراً من الطاقة فنصبح أمام الظاهرة التي تعرف بالمستعر العملاق Supernova حيث تفرط المادة الخارجية بعيداً تاركة في

المركز نجماً ترونياً . أما إذا كانت الكتلة أكبر من عشرة أضعاف كتلة الشمس فلن يكون هنالك تمثيل معين أبداً . وسيرتص النجم ، كما يبدو ، إلى كثافة لا نهائية . إن هذا ، هو الإنهيار الكارثي النهائي الذي ذكرناه من قبل . ويحدث المستعر العملاق بالفعل وبشاهد مرة كل ثلاثمائة عام تقريباً وقد آن أوان حدوثه في الحقيقة (٥)



تتوافق النبضات الضوئية عظيمة الدقة لهذا النجم في سديم السرطان الذي تم تصويره خلال الفترة الواقعة ما بين الصورتين زمانياً ومكانياً مع ما يتناظرها في أحد النجوم النابضة المعروفة

بوحى وجود النجوم النابضة بوجود النجوم الترونية ويبدو من المحتمل جداً أن حالة الإنهيار الكامل موجودة فعلاً . كيف نستطيع بعد ذلك شرح ساوك النجوم النابضة انطلاقاً من النجوم الترونية ؟ ربما يبدو الأمل الوحيد ما يسمى نظرية المذارة - Light house -

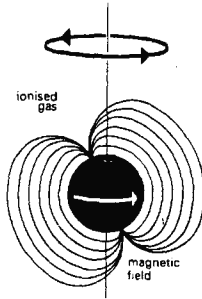
(٥) لقد شوهد مستعر صليق في ٢٢ شباط الماضي (١٩٨٧) يصدر فيضاً هائلاً من الترنيرات يبدو غير منسجم مع النظريات الشائعة حتى اليوم .

وفي هذه النظرية يتم شرح النبضات على أنها نائبة من نقطة مشعة موجودة على سطح النجم . هذا النجم ياور بمجمعه بحركة دورانية ذات سرعة زاوية عالية جداً ، وسينقطع بذلك عمود الإشعاعات الواصل ما بين هذه النقطة ومرصد الأرض بفترت زمينه متتلفة وقد يغفل المرء بأن الأقزام البيضاء - White dwarfs - مرشحة جيدة لهذه النظرية لقد دحضت نظرية المذارة فيما بعد عندما اكتشف العلماء الأمريكيون نجماً نابضاً ذا معدل نبض يساوي ثلاثين نبضة بالثانية حيث لا يمكن للقرم الأبيض أن يدور بهذه السرعة دون أن ينهار .

يعتقد أن النجم النابض السريع المتواجد في سديم السرطان الذي ورد ذكره سابقاً هو من بقايا انفجار المستعر العلق الذي شاهده الصينيون عام ١٠٥٤ و١٢ تجدر الإشارة اليه أن النجم المركزي في سديم السرطان ينبض بنفس معدل نبض النجم النابض المذكور . لا يمكن أن يطلق النجم التروني اشعاعاً لأن الإشعاع لا يستطيع التغلب على القوة الجاذبة الكبيرة للنجم إلا إذا كان النجم أسخن بكثير . هو مقبول وبالتالي لا بد من وجود آلية أخرى ينتج عنها الإشعاع . إن أكثر النظريات شيوعاً ، النظرية التي ترد آلية الإشعاع إلى تأثير مولد . تمتلك النجوم العادية عادة حقولاً مغناطيسية ولما كانت النجوم الترونية مضغوطة إلى حد كبير بالمقارنة مع النجوم العادية فمن المحتمل وبسبب سرعة دورانها الكبيرة أن تمتلك حقولاً مغناطيسية شديدة بالفعل ، وفي حين أنه لا توجد حتى الآن آلية واضحة للنجوم النابضة يجب اختيارها فليس لدينا أي شك بأننا سنتعلم الكثير حول تركيب النجوم قريباً . وفضلاً عن ذلك إذا كانت التوقعات التي طرحها هاريسون عام ١٩٧٠ صحيحة فإن دراسة النجوم النابضة تصبح ذات قيمة بالغة في التحقق

من صحة نظرية النسبية . يفترض هاريسون - Harrison - أن  
الانهيار الكارثي لنجم ما يحتمل أن يحدث وبصورة أكبر مما يحتمل للنجم  
التروني وفقاً لما دعاه « الشكل المتحرك بعنف وسرعة للنواة » وهذا  
وضع يسبب فيه الانهيار الكارثي وبطريقة ما ارتداداً . ويمكن بذلك  
ضغط الإشعاع الحاصل في المركز انهيار بقية النجم .

هناك العديد من النظريات حول آلية عمل  
النجوم النابضة فتقترح إحدى النظريات أن  
البلازما « الغاز المتأين » انفجرت على امتداد  
خطوط الحقل المغناطيسي مصدرة موجات  
إشعاعية بزاوية قائمة .  
إن دوران النجم يسبب ما يعرف بنظرية  
المنارة . ونحن نستقبل الضوء فقط عندما  
يكون الشعاع متجهاً إلينا فقط .



### دليل غير قاطع :

نتوقع من الدراسة المستمرة والمركزة للكوازارات والنجوم النابضة  
أن توصلنا إلى المزيد من المعلومات حول طبيعة الأجسام الموجودة في  
الكون وحول توزعها . ويحتمل لأية معلومات من هذا النوع أن تكون  
كبيرة الفائدة في اختيار إحدى النظريات المتنافسة وعلى الرغم من أنه  
ليس بوسعنا أن نقول أي شيء في هذه اللحظة فلإن الرأي يرجح بصورة  
كبيرة ضد نظرية الحالة الثابتة .

ويجب أن نذكر أن هويل - Hoyle - ما زال على الرغم من شكوكه السابقة مهتماً كثيراً بهذه النظرية فتبنى بالاشتراك مع نارليكار - J. U. Narlikar - مرة أخرى جدال محور الزمن السذي سبقت مناقشته . أما تحريهما فارتبط بإيجاد علاقة ما بين علمي الميكانيك والالكتروديناميك الكمومي ( quantum electrodynamics ) أي ( نظرية كم الحقل الكهرطيسي ) . لقد اعتقدا أن الاختيار ما بين النظريات الكونية المتنافسة يمكن أن يتم بواسطة تجارب يجريها فيزيائيو الذرة وأن هنالك علاقة قوية ما بين بنية الكون الفسيحة الأرجاء وكهردينامية الجسيمات . وهكذا فقد أخذ مبدأ ماخ بتطرفه المنطقي . ادعى هويل ونارليكار أن الاختفاق بملاحظة هذه العلاقة في الماضي قاد الالكتروديناميك الكمومي ( quantum electrodynamics ) إلى حسابات تحوي مقادير لا نهائية . . . . صحيح أنه تم إيجاد طرق للتخلص من هذه المقادير مرة ثانية ولكن النتيجة لا يمكن أن تعتبر مرضية إلا بصعوبة . وكان جميع العاملين في هذا المجال واثقين من تنبؤات الالكتروديناميك الكمومي ( quantum electrodynamics ) . ومن إحدى أسباب هذه الثقة كانت الدقة العالية التي يمكن بها التنبؤ بتجارب معينة وبصورة خاصة انزياح لامب - Lamb Shift - ( وهو تغير طفيف في مواضع خطوط طيف الهيدروجين ) الذي تم توقعه بدقة تامة كان هويل ونارليكار قادرين على اظهار أن التفسير الآخر لانزياح لامب كان ممكناً بالاعتماد على تجاوب مجمل الكون مع الجسم ولم يكن في هذا التفسير الآخر مقادير لا نهائية ولكنهما ، وهنا تتضح صلة عملهما ، كانا قادرين على اثبات أن هذا الحساب يمكن أن يتم في نظرية الحالة الثابتة فقط وبالتالي فقد اعتبرا أن حسابهما يجعل

نموذج الحالة الثابتة ممكناً إلى حد كبير . كما اعتبرنا مثل هذا الدليل التجريبي ذا قيمة أكبر ، لأنه أكثر دقة . من قيمة المعطيات الفلكية التي تلائم نظريات التمدد .

ومن ناحية أخرى كان هنالك تحامل غير منطقي في صالح الملاحظات الفلكية المباشرة وضد الجدل النظري كجدل هويل ونارليكار . لقد تجاهل مثل هذا التحامل حقيقة أن نتائج جميع التجارب المجراة تعتبر جزءاً من النظرية ، ومن الواضح وبهدف اتخاذ قرار نهائي أنه لا بد لنا من إجراء أرصاد جديدة يفترض أن تكون مختلفة في نوعها عن الأرصاد التي أجريناها سابقاً . سنحاول في الفصل القادم أن نتناول الانجماوات الممكنة التي ستأتي منها هذه الأرصاد .

. . .

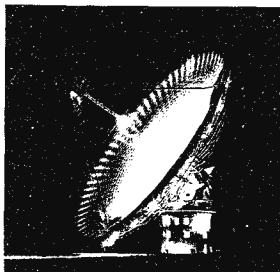


## العقد الثاني

لقد قطعنا حتى الآن شوطاً طويلاً اعتباراً من نقطة البداية فحاولنا ، باستخدام الصورة النظرية للزمان والمكان ، تحليل الحقائق المبهمة للتجربة . ويبقى أمامنا قدر كبير من الأمور غير المعينة حول طبيعة الأشياء وحركتها ومكانها في الفراغ . وكل ما نستطيع أن نقوله الآن بشكل مؤكد إن علم الفلك يتطور بسرعة وستوفر لدينا ومهما كان العالم خلال السنوات القليلة القادمة معلومات أوفر مما لدينا في الوقت الحاضر . يشهد هذا الفصل على مسح للأنواع الجديدة من المعلومات وعلى التأثير المتوقع لها وسيكون شرحنا بالطبع شرحاً جزئياً لأن أي تطور يمكن أن يشرح لم يبلغ بعد مرحلة النضوج . وفي الحقيقة هنالك مجالات متعددة تحتاج دراسة وفيه في المستقبل القريب .

سيستمر بالطبع تكاثر المصادر الراديوية حيث أن هنالك شكاً قوياً في الوقت الحالي بأنها تعطي وبصورة وافية أجوبة مختلفة عند تواترت مختلفة . إذا كان الأمر كذلك فانه يشكل أهمية بالغة بالنسبة للاعلانات القائلة بأن المصادر الراديوية أقل عدداً عند المسافات البعيدة . ويوافق ذلك زمناً غابراً قبل تكشف المجرات وإن نؤكد ذلك سيشكل دليلاً قوياً على نظرية التطور . إن الانزياح نحو الأحمر لبعض الكوازارات انزياح كبير جداً يصعب علينا أن نقبل بأنه ناتج عن التراجع فقط

ولأنني دأيت جديد على هذا الموضوع سيكون جديراً بالدراسة ، ونحن بحاجة إلى إجراء المزيد من التجارب عن الإشعاع الخففي ذي الثلاث درجات كفن حيث يبدو أن بعض الأرصاد الأخيرة ذات توافق أقل مع منحني الجسم الأسود ، وإذا عزى الإشعاع الخففي إلى الإنفجار الكرنبي الأعظم فيكون إشعاع جسم أسود وسيكون ذلك صحيحاً بملود واحد في المليون . وأخيراً فمن ضمن المسائل المفروحة للمستقبل القريب بأن هنالك سبباً معقولاً لوجود عدم انتظام مميز ودلي نفاق واسع في توزيع المادة في الكون القليل . نستطيع دراسة عدم الانتظام هذا بتحايل تفصيلي للتوزيع الزاوي الكوازارات وكذلك بدراسة الإشعاع الخففي ذي درجة الحرارة ٣ كلفن .



لتصديق فهمنا لهذا الكون لا بد من زيادة عدد الأرصاد وتحسين دقتها . لقد استخدمنا هذا الغرض مقاييس التداخل بهدف تحديد مواضع النجوم عبر اشارات ملتقطه من مرصد نائية البعد عن بعضها كمرصدي « الفوتوكوني » بكندا وبارك في استراليا اللذان يبعدان عن بعضهما ٧,٥٠٠ ميل

لا نستطيع في الحقيقة أن ندعي معرفة الكثير حول القياسات المحتملة التي يمكن أن تنجز في العامين أو الثلاثة أعوام القادمة أو حتى في فترة العشر سنوات القادمة ولكننا نتوقع في العقد القادم أن نسعى بمجهودات تفنن أكبر في إنجاز الأرصاد السابقة ، ولا نتوقع أي شيء جديد مميز ، ومهما يكن ربما واجهنا مفاجأة ما . تبدو التجارب الموصوفة في هذا الفصل ذات نفع متقدم سيغدو أكثر أهمية وقد نكون هنا خائبين جداً .

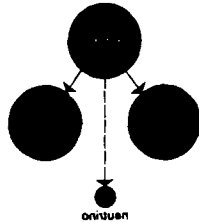
قبل شرح هذه التجارب من الضروري أن نتحدث قليلاً عن المسألة المتكررة وهي مسألة التمييز ما بين نظرية الكون التطوري ونظرية الكون ذي الحالة الثابتة . إن الكون ذا الحالة الثابتة قد تم فهمه تماماً وقد حان الوقت للمراعاة تفاصيل أكثر في الكون التطوري . لقد شرحنا الكون المتوسع فيما سبق بما فيه الكفاية ولكن معرفتنا المتزايدة بالفيزياء الذرية تضيف على هذا الشرح دقة أكبر . لقد أصبحت نظرية الكون المتوسع نظرية مجبرة أكثر من ذي قبل عندما اخترعها فريد مان واويفر — Friedmann and Lemaitre — سيمبلي الوصف التالي — الذي يعتمد على التخمين — بدون الإشارة إلى الأسباب الكامنة وراء التقديرات العددية . لقد وضعت أغرب هذه التقديرات بما يشمل المعرفة العميقة بثوابت الفيزياء الذرية .

### المقارنة بين النظريات :

ابتدأ الكون المتوسع ، كما هو مقترح . توسعه أصلاً من حالة لا يمكن أن توصف إلا بالقول بأنها ذات كثافة لا نهائية . وبعد مرور جزء من مليون من الثانية باغت هذه الكثافة كثافة من رتبة كثافة نواة الذرة . إن الحرارة خلال هذه المرحلة كبيرة جداً وتقدر بعشرة ملايين مليون درجة . بالطبع وفي مثل هذه الظروف غير العادية يتخلف تكوين

المادة عما نألفه اليوم وهنا تكمن الصعوبة التي تصدت لها نظرية الحالة الثابتة حيث لا تعترف هذه النظرية بهذه الظروف غير العادية وإذا لم يتقيد المرء بهذا الطرح المنطقي ووجد من الأفضل التصور أن قوانين الفيزياء التي اشتقت في الظروف العادية سارية أيضاً من أجل الظروف المختلفة ، فسيجد أن البروتونات وهي المكونات المستقرة للمادة ستكون غير مستقرة من أجل درجات الحرارة والكثافات العالية وستخضع للتفاعلات وتتحول إلى جسيمات أخرى وسيشكل عندئذ مسما يعرف بالبروتون المضاد ( Anti Proton ) والترون المضاد - Anti neutron - ومنشأ أيضاً كثافة طاقة عالية من التريونات - Neutrinos - سيبدأ الكون بالتوسع وستبرد المادة وكذلك الإشعاع وعندما تهبط درجة الحرارة إلى حوالي عشرة آلاف مليون درجة فإن معظم الجسيمات غير العادية باستثناء البوزترونات متخفي وستبقى فقط الفوتونات والإلكترونات والبوزترونات والترونات والتريونات . الآن وعندما تهبط درجة الحرارة إلى ما يقارب ألف مليون درجة فإن معظم الإلكترونات والبوزترونات سوف تفنى وستكون طاقة الإشعاع الموافقة أكبر .

تحلل نوى الذرات المعروف بتحلل B :  
« بيتا » ، ينتج عنه تشكيل الإلكترون ، والبروتون والتريون والترون من المعروف أن التفاعلات الذرية الحاصلة في الشمس تنتج جسيمات متعددة . ولكن الجسيم الوحيد الذي يستطيع الفرار نحو الفضاء هو التريون . إن التريونات ، التي يمكننا من معرفة المزيد حول الشمس لا تمتلك أية كتلة أوشحنة . وهي تسير بسرعة الضوء وللكشف عنها لا بد من استعمال غرافات مطورة على عتق كبير وعلنية بالسوائل .



من الآن فصاعداً لن تكون التثريونات مرتبطة بمراحل التطور . وهكذا فما بين درجة الحرارة المساوية لحوالي ألف مايون درجة ودرجة الحرارة المساوية لمائة مايون درجة تقريباً ستتألف العناصر من البوزترونات والنترونات . عند درجات الحرارة الأكثر ارتفاعاً تكون الذوى غير مستقرة فهي تتشكل ثم تتحطم ثانية . ولكن عندما تنخفض درجة الحرارة تصبح التفاعلات النووية بطيئة إذا ما قورنت بتوسع الكون ويكون مدى الحرارة المذكور مناسباً لتكوين العناصر . يستغرق الكون خلال هذا المدى وقتاً مقداره ألف ثانية ليتشكل خلالها الهيدروجين بنفائير مختلفة وفي نهاية نصف الساعة الأولى سيتحول حوالي ٢٠-٣٠ بالمائة من البروتونات إلى هيدروجين وعندما تهبط درجة الحرارة أكثر من ذلك ستتحلل الالكترونات والايونات من جديد تاركة قسراً ضئيلاً من المادة المتجمدة في حالة تأين ( حوالي واحد بالألف أو أقل من مجموع المادة ) .



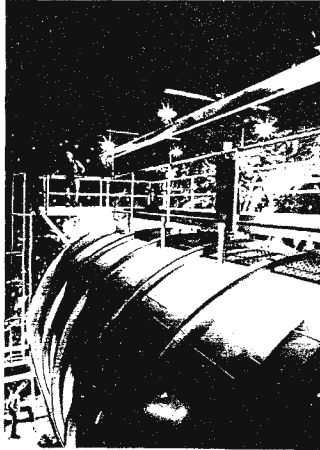
مصادر الأشعة السينية المعروفة حالياً حيث يقع عدد يسير منها فقط خارج سحبي المجرة مما يدل عل أن معظمها ينتمي إلى درب التبانة . ويقع في أقصى اليسار المصدر الموجود في سديم السرطان ويقع على خط المركز وفوق درب التبانة المصدر الموجود في برج العقرب .

وطالما ظلت كثافة الإشعاع عالية جداً بالمقارنة مع كثافة المادة يتملمر على كتل الغاز أن تتكثف وهذا لا يمكن من تشكل المجرات والنجوم . وذلك لأن الإشعاع يمكن أن يعتبر غازاً لا تمتلك جسيماته كتلة مستقرة وسيكون ذا ضغط شديد لا يمكن لجاذبيته الثقالية أن تتغلب عليه .

بسبب التوسع تتناقص كثافة العنقاقة بصورة ثابتة بحيث أن طاقة الإشعاع ستتناقص في النهاية إلى درجة حرارة الغرفة ، في هذا الوقت تقريباً تتشكل التجمعات الكروية ذات الكثافة التي قد تساوي مائة ألف مرة كثافة الشمس . لقد تم ذلك قبل تشكل المجرات وعندما تشكلت المجرات تشكلت النجوم وتفاوتت كثافة النجوم الماحوقة ما بين عشر كتلة الشمس إلى ستين ضعفاً من هذه الكثافة . ونظراً لأن دورة حياة هذه النجوم تعتمد على مقدار الكثافة التي يمكن أن تستهلك وتعتمد على السطوع ، حيث أن السطوع متناسب مع مكعب الكثافة ، فإن دورة حياة أحد أثقل النجوم هي من رتبة عشرين ألف مايون سنة بينما تبلغ دورة حياة أخفض النجوم حوالي مايون سنة . يمكن بالامتداد إلى فاك الكون التطوري تقدير عمر الكون بحوالي عشرة آلاف مايون سنة بحيث أن بعضاً من أقدم النجوم ربما يحتوي على مقدار معين من المادة المتبقية خلال نصف الساعة الأولى وتحتوي مثل هذه النجوم حتماً على ٢٠ بالمائة من الهيليوم ولا تحتوي على عناصر أثقل كالحديد والكربون ومما يجدر ذكره أن بعض النجوم المكتشفة يحتوي على قدر ضئيل من العناصر الثقيلة لا يتجاوز واحداً في المائة وبعضها الآخر ، لا يحتوي طيفها على خطوط لعناصر ثقيلة على الإطلاق .

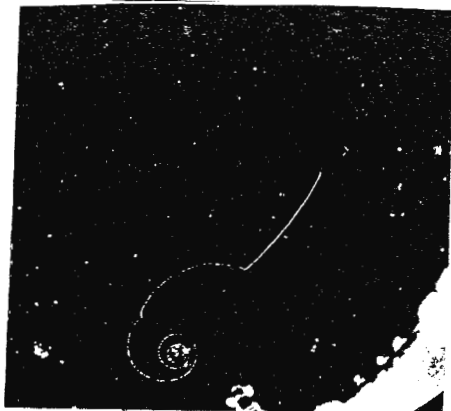


تمتص سحابة الغبار القامض التي تعرف بسديم رأس اخصان في كوكبة الجبار orion الإشعاع من النجوم التي خلفها ثم تميز اصدار هذا الإشعاع مما يجعل دراستها أمراً شديداً التعميد



إن الوسيلة الوحيدة للكشف عن الترينوات تتم ضمن خزانات مغمورة في الأرض عليه بالسوائل

إن الوضع ، مع ذلك . مضال إذا قمنا باختبار تجريبي أثر للنظرية  
 فنسبة الهيليوم ، كما ذكرنا يجب أن تكون بحدود ٢٠٪ وأساء المفظ  
 فإن النجوم القديمة ذات درجة حرارة سطحية تبلغ ٣٠٠٠° ولا يمكن  
 لخطوط الهيليوم أن تظهر إلا في أعلى النجوم حرارة . لك التي تبلغ  
 درجة حرارة سطحها حوالي ١٠٠٠٠° أو أكثر . وهكذا فلا نستطيع  
 تحديد مقدار الهيليوم الموجود في نجوم كهذه . إن هنالك نجماً واحداً أو  
 نجمين قياسيين هما درجة سطحية أكبر ويظهر فيهما قدر من خطوط  
 الهيليوم ولكن هذا القدر غير معروف . نحتاج إذاً هنا المزيد من التجارب .



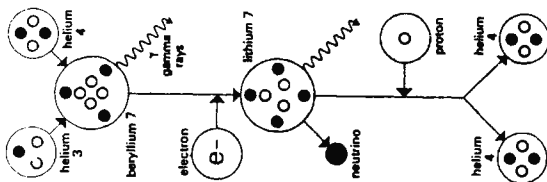
لا يترك النيوترون أي أثر في غرفة الفقاعات وربما كان تفاعله النادر مع الجسيمات  
 الأخرى هو التوسيلة الوحيدة للاستدلال على وجوده . يدخل أحد الجسيمات غرفة  
 الفقاعات ويتفاعل مع جسيم آخر مما يطي بروتوناً - الأثر القصير  
 على اليسار - وميوناً « Muon » - الأثر الطويل المركزي -  
 وبوزيترونناً - الأثر الخلفي -



## علم الفلك التريوني - Neutrino -

يتضح من هذه المناقشة أن هنالك حقلاً آخر ذا فائدة كبيرة بالنسبة لعلم الكون ألا وهو علم الفلك التريوني . تخضع كثير من أوى الذرات لتحول : يصاحبه اصدار جسيمات بيتا - B-decay - وهو تحول نووي يرافقه اصدار الكترون ، كما ناقشنا سابقاً ، وفي الحقيقة فمنذ تنبؤ باولي - Pauli - بهذا التحال أجريت مجموعة من التجارب أعطت وبصورة مستقلة برهاناً على وجود التريوني وعلى خصائصه . إن البرهان على وجود التريوني هو أمر صعب وذلك لأنه ذو شحنة معدلة وذو كتلة مساوية للصفر وذو سبين يشبه سبين الإلكترون . تعلق عمليات محور الطاقة التي تجري في النجوم التريونات فإذا درسنا تعلق هذه التريونات ربما علمنا شيئاً عن عمليات محور الطاقة تلك . لا تتبادل التريونات لسوء الحظ إلا بصورة نادرة مع الجسيمات الأخرى مما يجعل الكشف عنها أمراً صعباً وربما شكل ذلك ميزة لها . نعتد في علم الفلك دوماً وبصورة تامة على الرصد أكثر من اعتمادنا على التجربة فيجب علينا الجوس وانتظار الإشعاعات الكهرومغناطيسية حتى تأتي إلينا سواء كانت هذه الإشعاعات ضوء أو موجات راديوية . نستغل هذه الإشعاعات كيما تدخل المنظومة الشمسية حيث نستطيع اكتشافها بواسطة أجهزة على سطح الأرض أو في مختبرات فضائية على أحسن تقدير . تتفاعل هذه الإشعاعات التي تشكل ضوءاً أو اشارات راديوية قادمة من الفضاء الخارجي بشكل جيد وشديد مع المادة . وفي الحقيقة فلما كنا نستعمل هذه الاشعاعات بعد مرورها بالغلاف الجوي للأرض وكذلك بعد مرورها بأجهزتنا فلا نستطيع اكتشاف الفوتونات المحررة أصلاً من النجوم . تغادر الطاقة في الحقيقة سطح النجوم على شكل

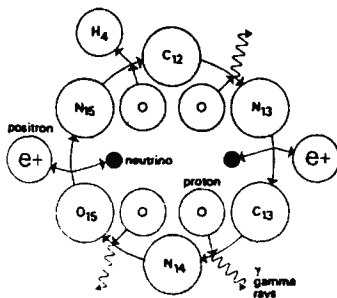
فوتونات منخفضة الطاقة وإن لدينا سبباً جيداً يجعلنا نعتقد بأنها نتجت أصلاً في الداخل بأشكال لها ارتفاع أكبر من الطاقة ، وحتى لو تحورت من الجسم فوتونات أعلى طاقة . كما يمكن أن يحدث أحياناً . فإن الإشعاع يمكن أن يمتص أو يبعثر قبل الوصول إلينا . وبالإضافة إلى ذلك فإن غاز ما بين المجرات الذي يفصلنا عن الجسم يعيد إصدار شكل آخر من الإشعاع وينمّس الطاقة . وربما يعرف الحقل المغناطيسي في غاز ما بين النجوم أية أشعة تتضمن جسيمات مشحونة . ان أبا من هذه العقبات غير موجود في حالة التريزو .



إحدى طرق توليد الطاقة في النجوم

ومن ناحية أخرى فإن التفاعل الضعيف جداً ما بين التريزو والمادة يجعل من الصعب جداً اكتشاف التريزو . وإن أي ممتص لانتريونات يجب أن يكون حساساً بما فيه الكفاية كي نستطيع اكتشاف عدد محسوس منها . إن هناك عقبة أخرى ، حيث يصدر مقدار ضئيل فقط من طاقة النجوم المصنوعة على شكل انتريونات . وعلى الرغم من ذلك كره فإن هناك اهتماماً كبيراً بالثلاث التريزو أما الأسباب الداعية إلى هذا الاهتمام وما يتوقع منه ، فسيشرح بالتفصيل فيما بعد . نحن نعلم بصورة جيدة

الآلية العامة لتولد الطاقة في النجوم وتتضمن هذه الآلية طرقاتاً حرارية نووية نستطيع تقايد بعضها على الأرض وقد حصننا على هذه المعرفة عبر طريقة معقدة من التداخل والحذف ولدينا بالإضافة إلى ذلك تأكيد ملحوظ ضئيل النظرية إن التفاعلات النووية التي تحدثنا في الحقيقة هي التفاعلات المصبرة للترينوات وإذا تمكنا من ملاحظة هذه الترينوات فيكون لدينا تأكيد واضح لوجودها . وفي الحقيقة فعند البحث عن الترينوات من الشمس ، نظراً لأن الشمس أقرب النجوم إلينا ، يتضح أن أحد التفاعلات يطلق ترينوات حساسة جداً بالنسبة للحرارة ، وهنا نعني ، الحرارة في مركز الشمس وهي ذات أهمية عظيمة بالنسبة لنا ، فإذا تمكنا من قياس نسبة الترينوات المتولدة في هذا التفاعل ، وأو بخلاً مقداره ٥٠ بالمائة ، فإننا نستطيع معرفة حرارة مركز الشمس بدقة مقداره ١٠ بالمائة ويشكل ذلك زيادة في معرفتنا التجريبية ببنية النجوم .



إن دورات الفحم والنيوترونات التي تحدث في النجوم تنتج نوى الهيليوم وترينوات وأشعة غاما عالية الطاقة . تصطدم البوزيترونات في النهاية مع الإلكترونات فتفني بعضها بعضاً

بالطبع وبسبب الإنتاج العام ، ذي النسبة المثوية الصغيرة ،  
 للترينوات في جميع التفاعلات النجمية فان هناك قدرأ من التدفق لهذه  
 الترينوات في الكون . ولكن من الصعب عاينا اكتشاف هذا التدفق  
 الذي يمكن أن ندعوه « خفياً » لعديد من الأسباب ولذلك فان من  
 الأفضل حالياً البحث عن مصادر الترينوات المخبأة في نظامنا الشمسي  
 أولاً . إن ما ذكر أعلاه بأن قنراً ضئيلاً من طاقة النجوم يصلح حتى  
 شكل ترينوات هو أمر يحتاج البرهان . فربما كان اصدار الترينوات  
 يشكل الجزء الأساسي من الطاقة المصدرة في مرحلة ما من مراحل تطور  
 النجوم وعلى سبل المثال فان فاوار - Fowler - قد قنر طاقة  
 الترينوات التي تصدرها النجوم بعد احتراق الهيدروجين بحوالي جزء  
 من عشرة آلاف جزء من مجمل الكتلة المستقرة . تدوي هذه الطاقة  
 مجموع الطاقة الصادرة من احتراق الهيدروجين . في هذا الوقت تكون  
 النجوم قد اقتربت من نهاية حياتها بحيث أن السطوع النسبي لها بدلالة  
 الترينوات كبير جداً . يصبح هذا السطوع أعظماً قبل حصول الإنهيار  
 مجموع الطاقة الصادرة من احتراق الهيدروجين . في هذا الوقت تكون  
 النجوم قد اقتربت من نهاية حياتها بحيث أن السطوع النسبي لها بدلالة  
 الترينوات كبير جداً . يصبح هذا السطوع أعظماً قبل حصول الإنهيار  
 الكارثي النهائي وربما كان ذلك ما نراه عندما نشاهد انفجارات  
 المستعرات العملاقة .

من المناسب هنا اعتبار المزيد من التفاصيل حول مجمل تاريخ تطور  
 النجوم . فبعد تحول الهيدروجين إلى هيليوم بواسطة التفاعلات الحرارية .  
 يتبدى احتراق الهيليوم ويؤدي ذلك إما لتشكيل الفحم أو لتشكيل الأكسجين  
 حسب كتلة النجم . لا تسبب تفاعلات احتراق الهيليوم اصدار .

الترينوات بينما يؤدي الاحتراق الثاني وهو احتراق الفحم لتشكيل نواتي النيتروجين والأكسجين . ويؤدي كذلك احتراق الأكسجين في النجوم الأخرى إلى شيء مشابه . ونلاحظ مرة أخرى الاصدار الضئيل جداً للترينوات . ولا بد من التذكير . من ناحية أخرى ، بأن هذه التفاعلات تجري في درجات حرارة مرتفعة ، بما فيه الكفاية لحدوث تفاني الأزواج . يمكن أن يتم ذلك بطريقتين . إما باطلاق شعاع عالي الطاقة أو بظهور الترينو والتترينو المضاد . في الحالة الثانية تستطيع الترينوات الفرار من النجم . ويبدو من المحتمل على الرغم من عدم وجود تأكيد تجريبي مباشر حتى الآن . أن هذه الطريقة هي السائدة في النجوم . إذا كان الأمر كذلك فإن انتاج أزواج الترينو سيزداد وبصورة كبيرة عندما تتجاوز درجة الحرارة ألف مليون درجة . تتضمن المراحل الأخيرة من تاريخ النجوم تفاعلات نووية أخرى تحدث بشكل متسارع مشكلة نظائر مختلفة تلي السيليكون وتنتهي بنوى مجموعة الحديد بأوزان ذرية تتراوح ما بين ٥٠ - ٦٠ . وعندما تصل المنطقة المركزية من النجم إلى هذا الوضع يحدث الإنهيار ويحدث انفجار المستعرات العملاقة Supernova كما ذكرنا سابقاً . ربما تساعد الملاحظة المباشرة لتدفق الترينوات في تحقيق الإثبات التجريبي الصحيح لهذه التوقعات النظرية .

هنالك طريقة أخرى ربما يصبح فيها « الفلك الترينوي » أمراً مهماً . ومن الصعب جداً كما ذكرنا قبل قليل اكتشاف التدفق الخلفي ، فقد يكون الإشعاع الخلفي من الترينوات أعلى بكثير من التقديرات مما يساعد في اكتشافه . يكون من الطبيعي والحالة هذه أن نتساءل عن مصدر هذا الإشعاع الخلفي ، وستكون الإجابة العادية في حالة أية اشعاعات خلفية بأن هذه الإشعاعات ظهرت في مرحلة مبكرة من تطور

الكون عندما كانت الظروف مختلفة تماماً عما هي عليه الآن ويتوافق ذلك تماماً مع وضع الإشعاعات الكهروطيسية . إذا كانت هذه الإجابة صحيحة فان ملاحظات من هذا النوع تقدم دليلاً قوياً في صالح الكون التطوري أكثر مما تقدم في صالح نظرية الحالة الثابتة . ومهما يكن الارتباط مع الخلفية الراديوية فان نظرية الحالة الثابتة لا تزول زوالاً نهائياً وإنما يمكن القول بأن مظهراً كهذا للطاقة ربما ينتج عن إعادة خلق المادة في جميع الأجزاء والذي هو مطلوب في نظرية الحالة الثابتة .

إن إلقاء الضوء على مسألة استقصاء الكوازارات باستخدام الرصد هو أمر مشكوك فيه حالياً . إن هنالك العديد من الطرق التي يمكن أن تسلكها الكوازارات لإصدار الطاقة الخاصة بها . وبسبب عدم توفر أي دليل عن صحة أي من هذه الطرق فمن المستحيل القول بأن إحدى الآليات الخاصة التي تنتج عدداً كبيراً من التترينوات أو تلك التي لا تنتج شيئاً هي آلية مفضلة وبالتالي فان مقدار المعلومات التي نتوقع الحصول عليها حول الكوازارات وباستخدام فلك النيوترين هو مقدار محدود جداً في الوقت الحالي .

### علم الفلك السيني :

إن هنالك مجالاً آخر للرصد ربما يشكل أهمية كبيرة في المستقبل وهو علم الفلك السيني . هذا العلم الذي يشتمل على دراسة الأجسام بواسطة الأشعة السينية الصادرة عنها ، ولما كانت الأشعة السينية لا تصدر إلا عن تفاعلات عظيمة الطاقة فان من الضروري دراسة التفاعلات ذات الطاقة العظيمة في هذا الكون . يستطيع المرء رؤية بداية استخدام الأشعة السينية في الفلك في التجارب التي قام بها ايدلن - Edlen - الذي أظهر

خصائص الحالة المحيطة بالشمس والتي ظلت حتى عام ١٨٨٠ سرّاً من الأسرار . يستطيع المرء خلال الكسوف رؤية منطقة من الضوء والنور Flares تحيط بالشمس وكان هنالك شك في القرن الماضي فيما إذا كان ذلك نتيجة فيزيائية أو مجرد خداع بصري ناتج عن ضوء القمر . وفي نهاية القرن الماضي قيس الضوء القادم من الحالة الشمسية بواسطة مقياس للظيف « المطياف » وتم التعرف على خطوط طيفية محددة حيث تبين أن الحالة الشمسية شيء حقيقي ولكن ذلك أظهر مشكلة جديدة لأن هذه الخطوط لم تتفق مع أي من الاصدارات المعروفة . تمكن ايدلن من تحديد معظم الخطوط الغريبة وكان أقوى هذه الخطوط اصدار الحديد . هذا الحديد الذي لا يمكن أن يتوفر في الحالة الطبيعية . لقد كان هذا الاصدار من حديد فقد تسعة أو ثلاثة عشر الكترونات . وفي الحقيقة اتضح من هذه الدراسة أن الحالة الشمسية غلاف غازي ذو درجة حرارة تقارب المليون درجة يحيط بشمس أبعد منه . إن الحديد يمكن أن يوجد في حالة نقصان الالكترونات هذه ، فقط في وسط كهذا الوسط .

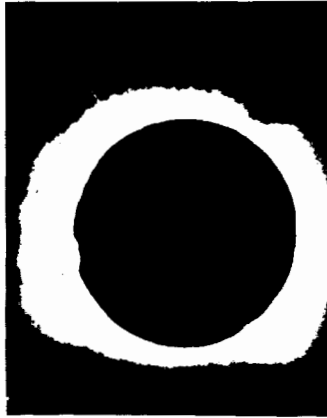
على الرغم من أن اكتشاف ايدلن قد تم في العشرينات فان علم فلك السني لم يبتدىء كدراسة تجريبية حتى عام ١٩٤٩ وكان الأمر صعباً لأنه على الرغم من أن الأشعة السينية كانت تعتبر أشعة نفاذه إلا أنها لم تستطع اختراق الغلاف الجوي للأرض وكان من الضروري لهذا السبب اجراء الأرصاد خارج هذا الغلاف . لقد كانت الأشعة السينية ذات الطاقة الأنخفض والمنبعثة من هالة الشمس تقف عند مسافة تقارب الستين ميلاً فوق الأرض . استخدمت الصواريخ من نوع ف-٢ ( ٧٢ ) بعد الحرب العالمية الثانية في التجارب الأولى ، حيث أجريت بعد ذلك

دراسة كبيرة حول الأشعة السينية الشمسية . ومع أن الهالة الشمسية تنبأت بوجود أشعة سينية إلا أنها لم تعد مصدراً يثير الإهتمام حول فلك . هذه الأشعة وفي نهاية الخمسينات أجرى مسح شامل للسماء بحثاً عن نجوم مصدرة لها . ولكن هذا المسح الذي استخدم أجهزة غير حساسة لم ينجح . وبعد ذلك وفي عام ١٩٦٢ وخلال محاولة غير ناجحة أيضاً للبحث عن أشعة « سينية » قادمة من القمر اكتشف مصدر أشعة سينية ذو اصدار قوى من اتجاه مركز المجرة .

من المعروف الآن أن هنالك خطأ في تحديد موقع هذا المصدر وأن الموقع الحقيقي ذو غرابة أشد مما كان يظن في البدء إن المصدر الرئيسي لهذه الأشعة السينية التي تضرب الأرض ليس مركز المجرة ولكن مصدرها نجم يقسم في برج العقرب — Constellation of scorpio — لقد عرف موقع هذا النجم بدقة كبيرة ، تصل لدقة درجة واحدة ، ولكن ما يدعو للغرابة عدم وجود نجم ، ذي اصدار راديوي أو مرئي ، غير عادي في هذا الموقع على الرغم من أن طاقة الأشعة السينية الصادرة عنه والقادمة إلى الأرض مكافئة لمقدار من الطاقة يستقبله المرء كضوء مرئي من نجم شديد اللمعان .

لقد أجري منذ عام ١٩٦٢ مسح شامل للسماء بحثاً عن نجوم تصدر أشعة سينية . وقد تم العثور على ٤٠ نجماً منها ويقع معظمها في اتجاه مركز المجرة ولا تقارن شدة أي منها مع شدة المصدر الأصلي المكتشف . يقع أغلب هذه المصادر في مستوى المجرة باستثناء اثنين منها يقعان على زاوية قدرها ٩٠° من مركز المجرة . إن هذا التوزع تقريبي كما هو الحال بالنسبة للنجوم المرئية فعلاً في المجرة .

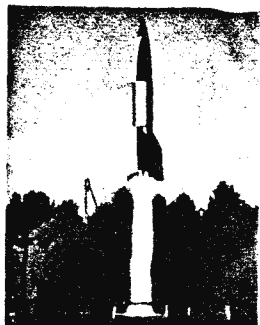




لا تستطيع الأشعة السينية الناتجة عن الهالة الشمسية اختراق الغلاف الجوي للأرض

ويبدو من ذلك وكأن هنالك « باستثناء الشمس » نوعين من النجوم المصدرة للأشعة السينية . وقد تم تعيين أحد هذه النجوم . وهو أبعد النجوم عن مركز المجرة ، بواسطة جسم فلكي معروف وهو سديم السرطان الذي ذكر من قبل . إن هذا النجم هو ثالث نجم من حيث قوة الاصدار ويمكن رؤيته من خلال مراقب جيدة حيث يبدو كجسم ضوئي غريب . إن كلا من الإشارات الضوئية والراديوية الصادرة من هذا القسم من السماء قد تكون نتاج غيوم ضخمة ذات الكتلونات عالية الطاقة محتجزة في حقل مغناطيسي شديد التعقيد بحيث تنتج قدراً من الإشعاع يعرف بالاصدار السنكروتروني Synchrotron emission لأنه يلاحظ داخل السنكروترون ، مسرع الالكترونات .

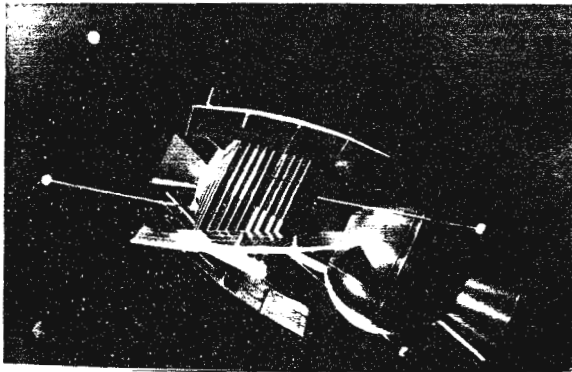
لقد حملت الأجهزة الكاشفة للأشعة  
السينية في البدء على صواريخ V2



يسود اعتقاد عام بأن الأشعة السينية في هذا الجسم تنتج بنفس الطريقة  
تماماً . وما زالت هنالك في الحقيقة أمور غامضة حول هذا المصدر .  
وقد ذكرنا من قبل أن سديم برج السرطان قد رصد ، على أنه انفجار ،  
من قبل الصينيين عام ١٠٥٤ . إن فترة حياة الالكترونات التي تمتلك  
طاقة كافية لإصدار سنكروتروني أدنى بكثير من الزمن الذي انقضى  
منذ عام ١٠٥٤ وبالتالي فإن الاصدار الملحوظ يطرح تساؤلات كثيرة  
حول كيفية تعويض تلك الالكترونات العالية الطاقة وما هو الشكل  
الذي تختزن فيه هذه الطاقة .

هنالك من وجهة نظر علم الكون مسألة أكثر أهمية من مسألة  
دراسة النجوم المصدرة للأشعة السينية ، ألا وهي مسألة تحليل الخلفية  
السينية . إذ يبدو من المحتمل بصورة عامة ، ولكن ذلك غير مؤكد  
تجريبياً ، أن هذه الخلفية تأتي من خارج المجرة . تشير إحدى وجهات

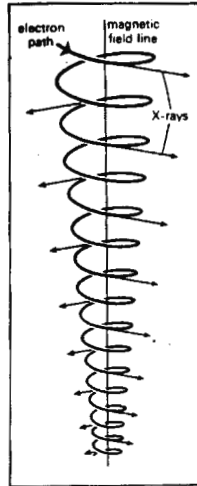
النظر ، التي يمكن أن نتبناها ، إلى أنها ببساطة آتية من مجموع مصادر أشعة سينية تقع خارج المجرة أي أنها آتية من النجوم الواقعة في السدم الأخرى . وتشير وجهة نظر أخرى إلى أنها ربما تكون إشعاعاً قادمًا من أقصى أصقاع الكون لأنها خلقت في الانفجار الأول . إذا تم برهان ذلك ، أي إذا كان المرء مؤمناً بأن معظم الإشعاع الخلفي آت من الأجزاء البعيدة فإن نظرية الحالة الثابتة ستكون غير قادرة على تعليل هذا الوضع وسيكون ذلك نقطة في مسالح الكون التطوري .



تعمل الأجهزة الكاشفة للأشعة السينية الآن على تواجف فلكية إشعاعية  
الشهالة :

إن من الأمور الهامة التي تستحق الدراسة في العقد القادم ، هي تلك يتعلق بالنظرية النسبية العامة . نحن نعلم أن النظرية النسبية العامة وسيلة جيدة يمكن أن تستخدم في وصف العالم بمقياس كوني وذلك مالا تؤيده نظرية الحالة الثابتة وبالتالي فإن ما نعرفه عن النسبية العامة يمكن أن

يفيدنا في اتخاذ قرار حول المسألة الكونية . وقد ذكرنا في الفصل السابق مقدار صعوبة التمييز ما بين توقعات النسبية العامة وتوقعات ثقالة نيوتن فيما خلا بعض الظروف الخاصة . إن النظرية النسبية قد عانت وبصورة خاصة في السنوات الأولى من حقيقة أن هذه النظرية قد استخدمت لوصف الجمل التي وصفها ميكانيك نيوتن من قبل . وعلى سبيل المثال نذكر ما جرى من وصف لحركة الكواكب حول الشمسي . لكن الإهتمام انصب بعد الحرب العالمية الثانية انصب على إيجاد المسائل التي تقدم لها نظرية نيوتن تفسيراً سيئاً جداً أو التي تعجز عن تفسيرها عجزاً تاماً .

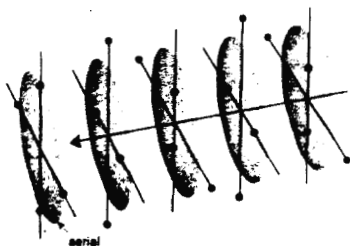


ربما كان الاصدار السنكروتروني  
السبب في وجود أشعة سينية فعندما تسلك  
الإلكترونات مداراً حلزونياً في حقل  
كهربي تنفقد جزءاً من طاقتها ويتحول  
الإشعاع من اشعاع سيني إلى تواتر راديوي .



إن سديم السرطان وهو بقايا انفجار .  
نجمي يعتبر مصدراً هاماً لأشعة سن والموجات  
الراديوية . تسرع الإلكترونات إلى درجة  
عالية من الطاقة في المركز . ويسبب الهيدروجين  
الذي تبلغ درجة حرارته ٤٠,٠٠٠ درجة  
احمرار اللون في الخارج .

واليوم تبرز مثل هذه المسألة من المقارنة بين ثقالة نيوتن والنسبية العامة ونظرية ماكسويل في الكهربية . فلدينا في نظرية ماكسويل الكهربية نوع خاص من حلول المعادلات يلائم الاشعاع الكهربي . ونحن نعلم تطبيقات متعددة لهذا الحل يمكن أن تستخدم في وصف البث التلفزيوني مثلاً أو في وصف ما يرد من النجوم من إشارات ضوئية أو راديوية . إن جميع هذه الحلول الموافقة لمعادلات ماكسويل تمتلك خاصية مشتركة واحدة يمكن أن نصفها بأن نقول بأنها حلول شعاعية . وفي الحقيقة فإن ذلك لا يعد مسألة بسيطة يمكن شرحها أو حلها بدون استخدام لغة تقنية ولكن سيكون من الكافي بالنسبة لأغراضنا إذا فكرنا فيها ببساطة على أنها توافق حقولاً كهربية تتصرف بصورة تقريبية كإشارات محطة البث الإذاعي أو تتصرف كالضوء . وهنا ينطرح التساؤل عما إذا كان يوجد لمعادلات الحقل الثقالي حلول شعاعية .



عندما تمر موجة ثقالية ( أشير لها هنا بسهم ) هوائي بسيط يعمل أربعة جسيمات متوزعة على قطرين فيه فإن هذه الجسيمات تتحرك بالنسبة إلى بعضها

إن إحدى الخواص الهامة للحلول الشعاعية لمعادلات ماكسويل كونها تسافر بسرعة الضوء أما في الثقالة النيوتنية فلا يوجد أي سرعة محددة - كسرعة الضوء مثلاً - وإن التفاعل بين الأجسام يتشتر فوراً . فإذا تخيلنا أن الشمس تدمرت فجأة فإن الأرض ستبدأ فوراً بالتحرك على خط مستقيم بدلاً من التحرك على مدار اهليلجي ، على الرغم من وجود ثمانية دقائق لا يجيم الظلام على الأرض إلا بعدها . وهكذا تشكل الثقالة النيوتنية اقتراباً سيئاً من النظرية التي تأخذ اشعاع الثقالة بعين الاعتبار ، إذا كان هذا الأمر يلعب فعلاً دوراً هاماً .

وهكذا اعتبرت مسألة وجود اشعاع ثقالي ومسألة خصائص هذا الاشعاع مسألتين هامتين جداً بالنسبة للنظرية النسبية في الخمسينات . وطالما كان الجانب النظري هو المعني بالأمر تظل طبيعة الاشعاع الثقالي مفهومة تماماً . لنعتبر أن لدينا جسمين أو أكثر كانا في الأصل في حالة ساكنة بحيث أن حقل الثقالة المحيط بكل منهما مساوٍ وبصورة تقريبية إلى حل شفارتس شيلد - Schwartz Schild - ( نصف القطر الحرج ) . إذا تحرك هذان الجسمان أحدهما بالنسبة للآخر ثم عادا إلى السكون مرة ثانية فإنهما سيصدران اشعاعاً ثقالياً ما بين حالي البداية والنهاية . وبالإضافة إلى ذلك تصبح الكتلة النهائية لهذين الجسمين المختارين أدنى من مجمل كتلتيهما الأصلية بمقدار الطاقة المحمولة بعيداً بوساطة الإشعاع . وهكذا فإن الوصف النظري مرضٍ تماماً ويبقى أمامنا اكتشاف شيء تجريبي ما حول أمواج هذا الإشعاع . إن أي برهان عن وجود مثل هذه الأمواج يعني بالضرورة أن مزيداً من المعرفة حول النظرية النسبية العامة قد تحقق وسيشكل ذلك أهمية بالغة في علم الفلك .

المرجع الأكبر بخصوص تحري . الإشعاع الثقالي هو جوووير في ميريلاند ( Joe Weber ) وربما كان موقف ويبر في هذا الشأن يشبه موقف هرتز ( Heinrich Hertz ) بعد أن نشر ماكسويل معادلاته وتوقع وجود اشعاع كهرومغناطيسي إذ تمكن هرتز - Hertz - من صنع ما يمكن أن نسميه فرجة شرارة ومستقبل . وبتغيير مواضعهما النسبية كان هرتز قادراً على تحديد طول موجة الإشعاع الذي يتعامل معه . وبالإضافة إلى ذلك ، ومن أهم الأمور على الإطلاق أنه كان قادراً وبوضوح تام على اظهار أن الإشعاع يسافر من المرسل إلى المستقبل بالطريقة البسيطة التي تظهر أن الشرارة في المستقبل تتوقف عندما ينقطع التيار الكهربائي عن المرسل . أما في حالة الإشعاع الثقالي ولسوء الحظ لم يكن ويبر في وضع يحسد عليه على الإطلاق لعدم وجود مرسلات للإشعاع الثقالي على قدر كاف من القوة . حيث أن قوة الثقالة أضعف بكثير من القوة الكهرومغناطيسية . إن أي جسم من الأجسام التي تتحرك ضمن المختبر لا بد حسب النظرية أن تصدر اشعاعاً ثقالياً ؛ لكن هذا الإشعاع سيكون ضئيلاً بحيث يتعذر اكتشافه بالوسائل التجريبية المتاحة حالياً وبالتالي فإن الإمكانية الوحيدة تنحصر في انتظار اشعاع ثقالي قادم من كارثة كبيرة في هذا الكون . وليس من الصعب التكهن بأن نوع الحوادث التي نتوقعها هي حوادث ارتصاص الكتل الضخمة ، التي لا يمكن تجنبها ، وظواهر مماثلة .

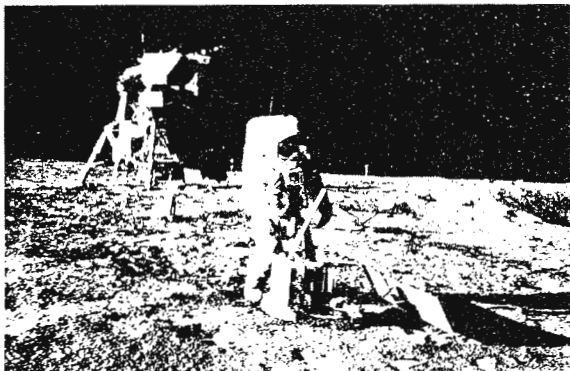
لقد قام ويبر Weber بمجموعة من التجارب يستحسن قل مناقشتها التحدث قليلاً عن الإشعاع الثقالي إن النسبية العامة نظرية أكثر تعقيداً ، بكثير من نظرية ماكسويل الكهرومغناطيسية . وإذا أردنا اكتشاف موجة كهرومغناطيسية فاننا نحتاج إلى هوائي معين ثنائي الأقطاب بصورة



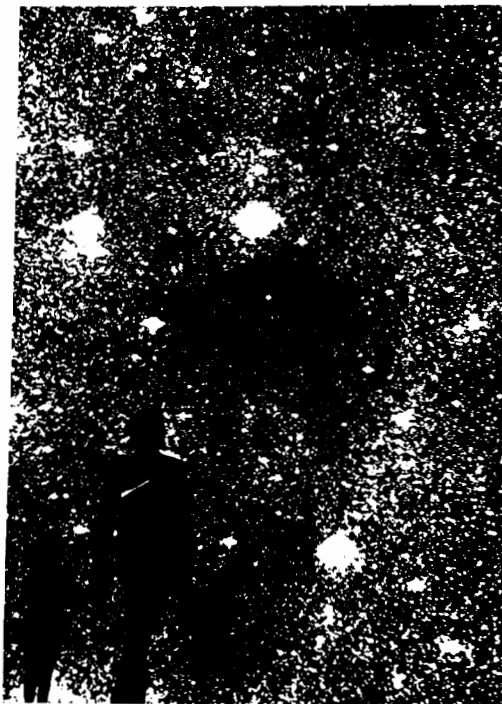
أساسية ( وعند الحديث عن الهوائي نود أن يتم هذا الحديث بأبسط الطرق النظرية وبدون التساؤل عن خواص قضبان الفولاذ وغير ذلك ) يمكن أن يعتبر الهوائي مؤلفاً من جسمين مشحونين تفصل بينهما مسافة معينة وعندما تعبر الموجة الكهرومغناطيسية بينهما يتغير تباعدهما . إن اكتشاف الموجة الكهرومغناطيسية يعد أمراً يسيراً عندما يقارن باكتشاف الموجة الثقالية . فالإكتشاف هذه الموجة يحتاج المرء إلى جملة مؤلفة من أربعة جسيمات مرتبة على دائرة مثلاً . وعندما تعبر الموجة الثقالية الفراغ الكائن بين هذه الجسيمات سيتباعد الزوجان الموجودان على أحد القطرين وستقارب الزوجان الموجودان على القطر الآخر المتعامد مع القطر الأول .

وفي الحقيقة كان لا بد لنا من ذكر هذه المعلومات التقنية من أجل فهم التركيب الأساسي للجهاز ويرر . لقد استخدم ويرر اسطوانة من الألمنيوم ارتفاعها حوالي خمسة أقدام ويتراوح قطرها ما بين القدمين والثلاثة أقدام وقد ثبت حول مركزها عدد من البلورات الموصولة بمضخم للتيار المستمر عالي الخرج . عندما تمر الموجة الثقالية عبر الاسطوانة فستشكل وضع انضغاط فيها يحدث اقتراباً في بعض أجزائها وابتعاداً في أجزاء أخرى منها وبالتالي ستولد في البلورات تيارات كهربائية يمكن أن يضخمها المضخم . يبدو الجهاز بسيطاً للغاية ولكنه سيصادف مجموعة من العقبات سببها ضعف طاقة الإشعاع المتوقع ويتضمن الجهاز بناء مضخم عالي الخرج وينتج عن ذلك بأنه سيكون قادراً على اكتشاف التشويش المحلي بصورة جيدة . فإذا سار شخص ما بقرب الجهاز محدثاً ضجة ، أو مرت حافلة بالشارع المجاور فستظهر إشارة كبيرة . إن جميع ذلك يجب أن يلغى . لقد عمل ويرر في البدء على أساس بناء جهاز معزول بصورة جيدة . ولكننا لا نستطيع تجنب جميع التشويش

الخارجي بهذه الطريقة لأن الهزات الأرضية على سبيل المثال تستطيع التغلب على أي عزل . وربما كان هنالك اشعاع كهرومغناطيسي قادم من الشمس أو كان هنالك أشعة كونية ، وسيؤثر جميع ذلك على الجزء الكهربائي من الجهاز . وقد استطاع ويبر تجنب هذه الصعاب عندما استخدم مكشافين بدلاً من مكشاف واحد تفصلهما مسافة معينة .



يُثبت آلدرين و Aldrin ، تجهيزات على سطح القمر بهدف نقل تفاصيل الهزات القمرية إلى الأرض . يعطي تثبيت أجهزة من نوع مختلف يفضل ونسجها في نقطتين فالتين عن بعضها معلومات قيمة جداً حول الإشعاع الثقالي . وربما كان نقل مثل هذه الأجهزة إلى القمر أمراً ليس يبعد



عنقفا ننظر إلى السماء نجدها تطرح علينا أسئلة أساسية شتى . فما هذا الكون ؟ هل  
يتطور باستمرار ؟ أم أنه اتخذ ذات الشكل منذ قديم الأزل وإلى الأبد أو أن  
شيئا غلاماً لذلك يحدث اننا نبحث عن نظرية كونية جامعة وعن برهان  
ملحوظ وسيتابع ذلك أولادنا وأحفادنا

ربما يتساءل القارئ عن سبب استخدام اسطوانة الألمنيوم هذه ذات الكتلة الضخمة . إن السبب في ذلك هو أن حساسية المكشاف تعتمد بصورة رئيسية على كتلته . كان ويبر في البدء يفكر باستخدام أكبر الكتل المتاحة أمامه وهي الأرض وستكون الأرض في هذه الحالة أكثر حساسية من اسطوانة الألمنيوم ولكن الأرض يسودها تشويش شديد وسواء كان مبعث هذا التشويش الأرض بحد ذاتها أو الإنسان الذي يسكن عليها ، وذلك بالطبع شيء لا يمكن تجنبه ، فان هنالك امكانية أخرى في هذا الصدد تتركز باستخدام القمر كمكشاف ، ككتلة ثابتة البلورات عايتها عندما يزور رواد الفضاء القمر وربما شكل ذلك طريقة ناجحة في اكتشاف الإشعاع الجاذب ولكنها لم تستخدم حتى الآن . وهنالك بعض الآمال باستخدام برنامج القمر الأمريكي لهذا الغرض .

استخدم ويبر ، حالياً ، مكشافين متباعدين أحدهما في ميريلاند والآخر في آرغون وذلك بهدف تجنب الإشارات الطفيلية . أما طبيعة الإشارات التي لحظتها فكانت عبارة عن انقواءات مستدقة أعلى من العتبة العامة للإشارات المتولدة عن الضجيج وقد عبن أيضاً ، نتيجة لرصد في المخبرين ، تزامناً يعني وجود نهايتين مستدقتين فوق العتبة يتوافق زمني لا يتجاوز ٠.٤٤ من الثانية ولكنه اعتبر ذلك مصادفة يمكن أن تحدث مرة واحدة كل عدة سنوات . لقد لاحظ ويبر في الحقيقة المزيد من المصادفات التي تحدث مرتين أو ثلاث مرات اسبوعياً وقد استطاع أن يبرهن باستخدام طريقة الحذف عدم وجود شيء يمكن أن يسبب ذلك باستثناء الثقالة حيث استخدم ارتفاع الإشارة لقياس قوتها . أما جهازه فيحتوي على عمود يميل بزاوية قدرها ٧٠° ويمسح أطراف السماء كما دارت الأرض . وقد قضى ويبر ساعات طوالاً من أجل

الحصول على المخطط الذي يظهر فيما إذا كانت الشدة في أحد الاتجاهات أعلى من الشدة في اتجاه آخر . يوجد مؤشر قوي على أن هنالك ارتفاعاً في شدة الإشارة آتياً من جهة مركز المجرة .

وإذا كان الأمر كذلك فيبدو أن المسألة ليست مسألة ارتصاص - Collapsing - في النجوم أو مستعر عملاق - Supernova - فيها . كما أنها ليست أيضاً مسألة كوازارات - quasars - بقدر ما هي شيء ما يحدث في مركز المجرة مسبباً الإشعاع . إن مقدار الطاقة في إحدى النبضات يبدو مرتبطاً بقدر من الطاقة بناظر كثرة تزيد عن كثافة الشمس . وفي الحقيقة فإننا يجب في هذه المرحلة أن تكون حذرين لأننا لا نخطط علماً بالحسابات التي أجراها ويبر . لقد افترض ويبر في البدء الافتراض الطبيعي بأنه لم يوفق باختيار التواتر الذي يتجاوب مع الجهاز . وهكذا فقد توقع أن مقدار الطاقة الماحوظ عند تواتر معين سيكون مساوياً تماماً مقدار الطاقة عند أي تواتر آخر . ودلى الأقل ضمن حزمة من التواترات متوسطة القياس . إذا كان هذا المقدار من الطاقة يأتي من ارتصاص فان هذا الارتصاص سيكون كارثياً لحسم تجاوز كثافته عشرة أضعاف كثافة الشمس وسينهار خلال زمن يساوي واحداً بالآلاف من الثانية . فمن الواضح إذاً أننا نحتاج إلى قدرة عالية من التحويل إلى أمواج ثقالية لتنتج طاقات من النوع الماحوظ . أما إذا كان ذلك بمجمعه قادم من مركز المجرة فان مجرتنا تفقد من الكثافة سنوياً ما يساوي ثلاثمائة ضعف كثافة الشمس . وهذا بالطبع مقدار كبير .

نتمكن ويبر فيما بعد من تعديل جهازه بحيث يستقبل موجات له

تواترات مختلفة ، ويبدو واضحاً الآن أن هذه الموجات ربما تشغل حزمة ضيقة من التواترات . إذا كان الأمر كذلك فإنه يعني بالطبع أن ويبر كان موفقاً إلى درجة كبيرة عندما اختار التواتر الأصلي ولكن الأهم من ذلك أن هذا التواتر يخفض مقدار الطاقة التي يحتمل أن نحتاج إليها .

إن هنالك دوماً بالطبع ، وفي غمرة الإكتشافات للمادة البعيدة جداً ، احتمال أن تكون قريبين من نجم نتروني . تحدث فيه الهزات مرتين أو ثلاث مرات أسبوعياً . ويظن بأن النجوم النترونية تمتلك قشرة قاسية تتيح إمكانية حصول هذا النوع من الهزات عليها مما يسبب الإشعاع الذي يبعثنا في هذه الحالة نعلم أكثر بقليل عن الكون بمجمعه . إن هذه الإمكانية غير المحتملة أبداً تذكرنا بأن النسبية العامة ما تزال مرتبطة بالأمر حيث ستظهر في ذهن القارئ بصورة طبيعية فكرة أن مثل هذا النجم النتروني القريب سيكون مرئياً بصرياً . إذا أخذنا نجماً نترونياً وقد تقاص حجمه إلى حجم الكرة التي تتنبأ بها النظرية النسبية ، من أجل أية كتلة ، فسيكون بالطبع غير مرئي عن بعد . فإذا كانت لدينا كتلة مقدارها  $K$  وحسبنا طولها الخارج  $\frac{K}{2}$  ورسمنا الكرة التي يساوي

نصف قطرها الطول الخارج فسنجد في الحالة التي تكون فيها الكتلة متوضعة بكاملها ضمن الكرة أن سطح الكرة ذو خصائص غريبة فهو يسمح للإشارات بالدخول ولكنه لا يسمح لها بالخروج ، أنه نوع من السطوح ذات الاتجاه الواحد ضمن الفراغ الذي يشغله . إن أي ضوء أو اشعاع ينتج ضمن الكرة لن يكون قادراً على الخروج ولن نكون قادرين على رؤية النجم . إن مثل هذه النجوم تعرف الآن باسم الثقوب

السوداء • ويمكن أن تكتشف بوساطة حقها الثنائي بغض النظر عن إطلاقها للاشعاع الثنائي وعلى الرغم من عدم اكتشافنا لأي نجم من هذا النوع فليس من المستحيل وجود أحدها .

ويجب ، مهما يكن ، ألا نغفل بسبب الأهمية التي تمتاكتها النسبية المضافة في جميع اعتباراتنا حيث تفترض أنها جزء رئيسي من الفيزياء النظرية فهي لا تعلق كونها مجرد جزء ضئيل من هذه الفيزياء . ضئيل ولكنه هام . ضئيل لأنه غير مرتبط ببقية الفيزياء النظرية فلا توجد هنالك أية نظرية كونية مقننة حتى الآن تستطيع أن توحد ما بين النظرية النسبية العامة وميكانيك الكم . وقد شرحنا في الفصل السابق ، كمثال على ذلك التناقض ، النظرية الهجينة التي تأخذ آراء معينة من النسبية العامة وآراء أخرى من ميكانيك الكم . إذ يبدو أن انخفاض العدد الباربوني لا يتم ضمن كتلة تجمعت إلى داخل كرة شفارتس شيلد وليست لدينا في الوقت الحاضر أية فكرة عما إذا كانت أية نظرية جامعة في المستقبل ما بين ميكانيك الكم والنظرية النسبية تستطيع أن تزيل هذا التناقض أولاً ، ولكننا نأمل ذلك . وفي الوقت الحالي وفي غياب مثل هذه النظرية لا بد لنا من الاستعانة بالحقائق التجريبية وكذلك بالنظريات في مجال ميكانيك الكم الحديث لأنهما على بعض الصلة بعالم الكون .

إن من أهم المعالم المذهبة في مجال الذرة وجود عدد كبير جداً من الجسيمات ، التي كانت تدعى في السابق جسيمات أولية ، تؤكد الآن وجودها . لقد تغير الوضع بصورة مثيرة خلال السنوات العشر الأخيرة حيث تم تصنيف الجسيمات تصنيفاً منطقياً . أما أكثر التصنيفات

عقلانيه وهي ما يعرف بنظرية تناظر SU3 فكانت بسبب غيل مان ( Murray Gell man ) عام ١٩٦٤ الذي اقترح أن هذه الجسيمات مؤلفة من قطع بناء أصغر يسمى احداها كوارك « quark » وتعد شحنة احدى هذه القطع شيئاً مميزاً لهذه القطعة على الرغم من أن شحنات الجسيمات الملحوظة هي من مضاعفات شحنة الالكترن كواكن « الكواركات » تحمل شحنة تساوي  $\frac{2}{3}$  ك أو  $\frac{1}{3}$  ك وقد كرس في عامي ١٩٦٤ ١٩٦٥ جهود كبيرة في البحث عن « الكواركات » على الأرض ولكن دون طائل . وقد اقترح هوانغ وادواردز ( J.C. HUang and Tw Edwards ) ربط مسألة البحث عن « الكواركات » بمسألة شرح مصدر طاقة الكوازارات وبعبارة أخرى فقد اقترحاً امكانية ملاحظة « الكواركات » في أمكنة أخرى سوى الأرض ويذكرنا ذلك بالطلع بوضع مشابه . فقد اكتشف الهيليوم على الشمس قبل اكتشافه على الأرض وذلك بواسطة خطوط الهيليوم في الطيف الشمسي .

كان المبدأ في فكرتهما بسيطاً جداً حيث افترضنا وجود نوى فيها نقص في قطع البناء « quarks » المؤلفة لها مما يؤثر ، كما هو متوقع تأثيراً بالغاً على أطوال موجات خطوط الطيف في ذرات عديدة وإذا لحظ الفلكي هذا الاختلاف فسيحاله تعديلاً خاطئاً لأنه رأى الخطوط الطيفية في غير مواقعها المتوقعة بالنسبة إلى بعضها . وبواسطة التحايل المفصل العناصر الذي يمكن أن يتوقعه المرء ، ومقارنة الخطوط الصادرة من الكوازار 3C191 اعتقدا أن الانزياح الكبير نحو الأحمر في هذه الحالة ، ١,٩٥ ، ليس كونياً تماماً وقدرنا بأن الانحراف نحو الأحمر هو بحدود ٠,٣١ . أما باقي الانحراف فهو غير حقيقي وسببه تغير طول موجة



المخطوط الناشئ عن نقصان في قطع البناء « quarks » . تقرب قيمة الانزياح نحو الأحمر الجديدة في اقتراب الكوازار - quasar - منا ما يوافق خرجاً من الطاقة أدنى من خرج ألمع المجرات المعروفة . وبصورة طبيعية فإن هنالك قلماً كبيراً من العمل ينبغي القيام به قبل قبول مثل هذا التعيين بأية درجة من التأكيد . تظهر فكرة مثل هذه الملاحظة وبشكل مهم التأثير المتبادل ما بين ميكانيك الكم والنسبية العامة . هذا التأثير له مظاهر مختلفة وعلى سبيل المثال فإن مجال شرح التركيب الداخلي للنجوم وطريقة اشعاعها الضوئي والراديوي يتطلب نظرية كمومية ميكانيكية وبالتالي فإن الواسعة الفعالة الملاحظة في علم الكون تعتمد بصورة قوية على ميكانيك الكم . ومن ناحية أخرى فإن آلية الانهيار التي تنتج عنها طاقة الكوازار - quasar - إذا كانت هذه الطاقة ناتجة فعلاً عن مثل هذا الانهيار ، ذات تأثير على ميكانيك الكم لأنها تتوقع فناء الباريونات - Baryons - . نحن نشعر بالحاجة إلى نظرية شاملة تتضمن كلاً من النسبية العامة وميكانيك الكم بحيث لا يتناقض وما يزال شكل ذلك غامضاً بالنسبة لنا ومع ذلك فإن الفصل القادم مبشر بعض الآراء غير المألوفة حول ذلك .



السير ارثر أدنيتون  
Sir Arthur Eddington



## نظريات كونية غير حاوية

في حين أن الخصمين المتنازعين قد انسحبا ، كل إلى طرف ، ليدافعا عن المواقع المتنازع عايبها في عالم الكون التطوري وفي نظرية الحالة الثابتة فما تزال هنالك في الأجنحة مناوشات ضعيفة . ويهدف هذا الفصل إلى تناول بعض هذه المناوشات . يمكن أن نبدأ بالتساؤل المطروح في الفصل السابق حول توحيد النسبية العامة وميكانيك الكم وبغض النظر عن أهمية ذلك في عالم الكون فإن هنالك سبباً عاماً للبحث عن العلاقة بين النسبية العامة وميكانيك الكم . فمن الصعوبة بمكان شرح مبدأ ماخ دون الاستعانة بنظرية شاملة . ينص مبدأ ماخ على أن الظواهر في المدى الواسع تؤثر على الظواهر المحلية ، وبعبارة أخرى فإن شرح مبدأ ماخ بشكل كاف يتضمن أيضاً وصفاً للتأثير النسبي ما بين نظرية الثقالة وميكانيك الكم .



ديراك ، ذو الشهرة الكبيرة ، بسبب  
اكتشافه المعادلة التي تصف الإلكترون  
بطريقة نسبية .

إن من المحاولات المبذولة الربط ما بين هاتين النظريتين ما يعرف  
 بشكمية quantizing الحقل الثقالي . فميكانيك الكم ينشأ من عمليّة  
 تبدو غريبة نوعاً ما حتى لممارسيها . وهذه العلميّة كما تعرف بالشكمية  
 وتتناخص جوهرياً بما يلي : . يأخذ المرء ، نظرية في الفيزياء مستمرة  
 في جميع توقعاتها ويجري عليها تغييرات بطريقة تكلمات بالنجاح في  
 نظريات أخرى : هذه التغييرات تعطي بعض توقعات النظرية قيمة مميزة .  
 وبهذه العمليّة تدخل الأعداد الصحيحة في النظرية . إن الطريقة التي  
 اعتمدها شرودينغر « Schrödinger » في هذه العمليّة كانت في  
 الأصل ذات صاسة بالوتر المشدود . إن وترّاً غير محدود  
 الطول يمكن أن يكون مسرحاً لموجات ذات أطول متفاوتة . وإذا  
 ثبت الخيط في كلا نهايتيه فإن أطوال الموجات المستمرة يحددها طول  
 الخيط . وهذا بالطبع مبدأ عمل جميع الآلات الوترية . وهكذا فإن  
 نظرية الاستمرار العامة في الوتر اللامحدود قد عدت بفكرة الوتر  
 المثبت من طرفيه . وكنتيجة لذلك ظهرت مقادير مميزة معينة . هذه  
 المقادير تتضمن التواتر الأساسي لاهتزازات الوتر وجميع مضاعفاته .  
 التي يمكن أن تثار أيضاً .

ويمكن أن نقول بصورة عامة إن طريقة الشكمية تشير إلى أن يأخذ  
 المرء نظرية تقليدية ويجري تحليلاً للاحظاظ التي تنبأ بها النظرية على  
 غرار ما يحدث في الحركة النوسية . ويعود هذا التقايد في الحقيقة إلى  
 اللحظة التي قاس فيها غاليليو زمن نوسات مصباح ثقيل في كاتدرائية  
 بيزا بالاستعانة بنضه الخاص . لقد اعتبر الزواس كنموذج أساسي  
 يمكن أن يفهم بواسطته كل شيء . وعندما أجري هذا التحليل في إطار  
 نظرية الزواس أصبح الباقي بسيطاً ، لأن عمليّة الشكمية فهمت في حالة

النواس ( أو ما يعرف تقنياً باسم الحزاز التوافقي harmonic ) تماماً من الخبرة. فقد تم اجراءها بطرق مختلفة منذ اختراع ميكانيكا الكم .

تسري مثل هذه الطريقة . بمعنى ما ، على نظريات الحقل ، كالحقل الكهرومغناطيسي الذي يتضمن مبدأ معروفاً باسم مبدأ الانضمام

Superposition . ما هي القوة المؤثرة على شحنة  $q$  بفعل شحنتين آخريين ب وح . موجودتين معاً في جوار  $q$  ؟ إن هذه القوة هي مجموع القوتين الناتجتين عن كل من ب و ج على حدة . ويصح ذلك نفسه على الكتل في نظرية نيوتن الثقالية . أما في النسبية العامة فإن هنالك مظهراً أساساً وهو أنه عندما تؤثر كتلتان على كتلة ثالثة فإن تأثيرهما مجتمعين لا يساوي مجموع تأثيريهما المفردين وأن هنالك شيئاً يجب اضافته . وهذا ما نقصده عندما نقول إن الكهرومغناطيسية نظرية خطية في حين أن النسبية العامة ليست كذلك . وإن التكمية طريقة اخترعت النظريات الخطية بصورة خاصة وتبقى مسألة الشك في امكانية تطبيقها على النظريات غير الخطية .

ومهما يكن من أمر فإن هنالك صعوبة جديدة في تطبيق طريقة التكمية على النسبية العامة . فما يسمى بالحقل الثقالي قد استعير عنه في النسبية العامة بجعله جزءاً من نظرية أساسية جديدة في هندسة الفضاء . وليس في هذه الهندسة مكان للحقول المتصلة التي من النوع الذي يصادف في ميكانيكا الكم أو للتمثيل المتمم للحقول بالجسيمات أو للجسيمات بالحقول . إن الطريقة الوحيدة للخروج من هذه الصعوبة هي إيجاد بديل هندسي يمثل الجسيمات وليست لدينا أية فكرة عن هذا البديل . لقد كان هنالك برنامج مطول يهدف إلى تكمية النسبية العامة منذ عشرين عاماً ولكنه لم يصب النجاح حتى الآن .

### نظريات ثلاثة متطرفة

مما يحذر التساؤل عنه امكانية وجود طرق مختلفة لتوحيد النظريتين اللتين نحن بصددهما . ولقد وضعت لذلك آراء عدة سنعالجها فيما يلي ، إن الرأي الأول كان لديراك P. A. M. Dirak الذي لاحظ أن معظم الثوابت الفيزيائية الأساسية يعبر عنها بواحدات نوعيه كالاستمترات أو الثواني أو الغرامات بيد أن من الممكن تشكيل ثوابت جديدة . من الثوابت القديمة ، تمتلك قيمة واحدة في جميع جمل الوحدات وستكون هذه الثوابت حينئذ بدون أبعاد . لقد اعتمد ديراك وجهة النظر غير العادية نوعاً ما والقائمة بأن الأعداد من هذا النوع والخاصة بشكل طبيعي يجب أن تؤخذ وحدها بالاعتبار . لقد سمح ديراك لنفسه أن يعد مادته التجريبية بالاستعاضة عن كل عدد من الأعداد الأقل من الواحد بمقاييه . وكانت النتيجة مجموعة من الأعداد كلها أكبر من الواحد . وجد ديراك بعد ذلك أن هذه الأعداد « تندمج معاً » .



الدكتور ليتلتون

Dr. R. A. Lyttelton

وكمثال على ذلك سرعة تباعد المجرات أي ثابت هابل -

-Hubbl's Constanc- إن هذا الثابت يمكن أن يعبر عنه أيضاً بواسطة ثابت آخر ذي طبيعة زمنية . هذا الثابت الجديد يسمى غالباً عمر الكون ، ونعني بذلك العمر الذي سيمتلكه الكون فيما أو توسع بهذه السرعة منذ أن خلق لأول مرة ( أنه في الواقع مقول ثابت هابل ) . لقد قدر هذا العمر في زمن نشرة ديراك الأولى بـ ٢٠٠٠ مليون سنة ولكن التقديرات الحالية أعلى من ذلك بكثير . إن هذا العمر كما ذكرنا تم تقديره بالسنين . ولكن هنالك واحدة أخرى للزمن مستخدمة في الفيزياء الذرية نتمتع بدلالة بالثوابت الذرية . فإذا كانت ك شحنة الإلكترون و ك كتلته و ض سرعة الضوء فإن المقدار  $\frac{K}{K_{\text{ض}}}$  يمثل زمناً قصيراً جداً . وهكذا إذا عبرنا عن عمر الكون بدلالة هذه الوحدة فإن العدد الناتج سيكون بالطبع عدداً كبيراً . ولما كان هذا العدد هو نسبة زمني فإن قيمته لا تعتمد على الوحدات المستخدمة في قياسه فإذا استخدمت الأقدام والثواني بدلاً من السنتيمترات والسنوات فإننا سنحصل على نفس الجواب وهو رقم يساوي  $10^{40}$  أي واحد وعلى يمينه أربعون صفراً لقد دهش ديراك من حقيقة أن قوة الثقالة أضعف  $10^{40}$  مرة من قوة الكهرباء الساكنة ، وأكثر من ذلك فإن علماء الكون قلروا عدد الجسيمات في الكون بحوالي  $10^{80}$  وهذا بالطبع هو مربع العدد  $10^{40}$  إن ذلك في الحقيقة غريب جداً حيث ارتبطت ثلاثة قياسات بسيطة للكون ، عمره وعدد جسيماته ونسبة أهم القوى المميزة فيه ، ارتباطاً بسيطاً . لكن الذي حير ديراك حقاً أخرى أكثر أساسية من هذه .

إن جميع المقادير الثلاثة الخاصة بصورة طبيعية تقع حسب رأي ديراك ضمن واحد من ثلاثة أصناف: فاما أن تكون من رتبة الواحد أو

من رتبة عمر الكون بالواحدات الذرية أو من رتبة مربع ذلك . وحتى نشرح ما نعنيه بكلمة رتبة يجب أن نشير إلى أن رتبة الواحد مثلاً ربما تتراوح ما بين الواحد والألفين مثلاً . إن هنالك مجالاً مشابهاً تقع ضمنه الثوابت التي من الرتبتين الأخيرتين وبالطبع فإن ذلك لا يسبب التباساً بسبب الفاصل الشاسع الذي يفصل بين هذه الأصناف الثلاثة . وفي الحقيقة فقد أشار باحثون آخرون إلى المصادقات العددية التي لحظها ديراك ، منهم على سبيل المثال ستيوارت - Stewart - الذي نشر عام ١٩٣١ ملاحظة في « مجلة الفيزياء Physical Review » حول المصادقات العددية التي منها ما ذكرناه آنفاً . ولكن ديراك كان أول شخص حاول اقتراح نظرية لشرح هذه المصادقات ، وبالتحديد المصادقات موضوع البحث . أي أن عمر الكون وعدد الجسيمات مرتبطان بنسبة بسبب الثوابت الفيزيائية الموجودة فيهما . فثابت الثقالة يعتمد حسب رأيه على الوقت الغابر منذ أن خالق الكون .

أن يكون أحد الثوابت هو عمر الكون كان أمراً مميزاً بالنسبة لديراك . أما الثابتان الآخران فاما أن يساويه أو يساوي مربعه لأنهما يعتمدان على عمر الكون . إن ثوابت الصنف الأول التي لها رتبة الواحد قد جمعت معاً لأنها لا تعتمد على العمر على الإطلاق .

ليس من العدل أن تسمى نظرية ديراك نظرية كونية كاماة ولو أنه كان قد صاغها بشيء من التعميم عام ١٩٣٧ فقد أخذ نموذجاً للكون مشابهاً للنماذج التوسعية في نظرية النسبية العامة ولكنه وضع افتراضه حول اعتماد الثوابت على عمر الكون في صيغة أكثر تخصصاً : إن أي ثابتين لا بعديين كبيرين جداً مرتبطان بمعادلة بسيطة مضاربيها



من رتبة الواحد . إن من الممكن وبنقاش بسيط حول الكثافة الوسطية للمادة وحول ثابت هابل ( واللذان هما من رتبة واحدة ) أن نستنتج اعتماد ثابت هابل على الزمن . اتضح بعد ذلك أن عمر الكون الحقيقي هو ثلث ما نتوقعه عند استعمال قيمة ثابت هابل الحالية في نماذج الكون الموسع . إن هذا التقاص في العمر كافٍ لاجداث تناقض مع عمر النجوم ولكن دبراك يعتقد أنه من الممكن تفادي ذلك بافتراض أن العمليات النووية حصلت في الماضي بشكل أسرع بالمقارنة مع العمليات الذرية التي تحدث الآن .

من الواضح الآن أن نظرية دبراك تعاني من مشاكل رياضية كبيرة ولكنها تقدم على الأقل نظره واحدة مستمرة للموضوع . وكثيراً ما ما يكون أحد المقدارين الذين تحدثنا عن نسبتها كونياً والآخر ذرياً . إن من الممكن تشكيل نسب لا بعدية في الفيزياء الذرية لوحدها أو في علم الكون لوحده ولكن النسب حينئذ لا تبدو ذات أهمية كبيرة . نجد أن معظم النسب اللا بعدية الحاصلة تخاط ما بين الفيزياء الذرية والكونية . ويتجلى حينئذ مبدأ ماخ من جديد . إن معظم الناس متفقون على أن الأعداد الحاصلة ذات دلالات خاصة . بطريقة ما . وإذا كان الأمر كذلك فإن هنالك ، مرة ثانية ، ارتباطاً ما بين الصغير جداً والكبير جداً من النوع الذي أشار إليه ماخ .

ستأتي الآن إلى ذكر نظرية جوردان « Jordan's Theory » التي صاغها عام ١٩٤٧ والمستندة على نظرية دبراك . لقد تجنب جوردان بعض الصعوبات عندما أهمل قانون ثبات كثافة الكون وكان بذلك في جانب نظريتي الحالة الثابتة ولكن بالطبع لأسباب مختلفة تماماً . اعتقد

جوردان وبصورة خاطئة أن تجنب مفارقة أولبرس - Olbers paradox - يقتضي أن يكون الفضاء منحنيًا . في الحقيقة فإن مفارقة أولبرس لا علاقة لها بالانحناء البتة . افترض جوردان بعد ذلك ابقاء الطاقة الكلية ثابتة ، بافتراض أن الكتلة الجديدة تختفي في حالة شديد الكثافة وتتفجر بعد ذلك . وبهذه الطريقة فإن ازدياد الطاقة الذي سببه ازدياد الكتلة سيعدل بالطاقة الكامنة الثقالية السالبة التكتف . لقد اعتقد جوردان أن الانفجار ينتج عن انفجار تجمد أعظم وتوصل من خلال نظريته إلى أن انفجاراً من هذا القبيل لا بد أن يحدث مرة واحدة سنوياً في كل مجرة . إن هذا التوقع توقع دقيق ، ونظراً لأن معدل انفجارات التجمد الأعظم المرصودة كان بمعدل قدره مرة واحدة لكل مجرة من أجل قرنين أو ثلاثة فإن هذه النظرية على تضاد مع الرصد لا مخرج منه .

إن أي ذكر للثوابت اللا بعدية لن يكون كاملاً بدون الإشارة إلى أدنيتون Eddington مع العلم أن كتاباته تلقى قلراً أقل من الإهتمام في هذه الأيام مما كانت تلقى سابقاً . وإذا أردنا أن نسمح العاوم الكونية غير العادية مسحاً كافياً فسنجد أن علومه تلعب دوراً هاماً . . إن نظريته ليست نظرية كونية بصورة مبدئية ولكنه توخى منها أن تكون خطة للفيزياء ككل ولكن حسب مبدأ ماخ فإن لهذه النظرية مغزى كونياً .

لقد جاءه كتابه عن الفلك على اتصال وثيق بالنسبية العامة بصورة مبكرة . لقد كان لأدنيتون أثر بالغ في تبسيط النظرية النسبية العامة وجعلها في متناول العلماء الإنكليز عندما طبع هذا الكتاب الذي عنوانه « النظرية الرياضية النسبية » عام ١٩٢٤ وكان ذلك أول عمل قيم تشرح فيه النظرية باللغة الإنكليزية في الفصول الأخيرة من هذا الكتاب ابتداءً

بإظهار طريقة مختلفة قليلاً . في النظر إلى النظريات انعامية وارتباطها بالملاحظة ، عن الطريقة التقليدية . لقد تحدث عن طريقة بناء النظرية في النسبية العامة ومواجهة ذلك فيما بعد بالتجربة . كطريقة تبنى فيها النظرية بحرية وتلي ذلك التجربة كوسيلة للتحقق من المقادير التي دخلت النظرية .



اللوحة التي مكنت أندرسون من اكتشاف البوزيترون . لقد درس أندرسون العديد من الصور المماثلة التي تمثل جسيمات مشحونة إيجابياً يحاول اكتشاف آثار البروتونات واتضح له بأن الجسيمات المدروسة ذات كتلة أدنى من كتلة الإلكترون بقليل فلا يمكن أن تكون بروتونات لأن البروتونات تترك خلفها أثر كبير . وقال بأن هذه الجسيمات هي الإلكترونات المضادة أي البوزيترونات

بعد نشر هذا الكتاب بقليل أظهر ديراك كيف يمكن للمعادلة التي تصف الإلكترون في ميكانيك الكم أن تكذب بشكل متفق تماماً مع النظرية النسبية الخاصة . كان ذلك مرضياً بالنسبة لديراك ولكنه شكل صدمة

عنيفة بالنسبة لأديغتون لأن التقنيات الرياضية المستخدمة في إعادة كتابة المعادلة ليست من النوع الذي طوره أديغتون . وفي الحقيقة فإن ديراك قد استخدم تقنية رياضية جديدة . إن من المستحيل ومهما قلنا فإن نبالغ أبداً في وصف التأثير النفسي لهذا الإكتشاف على أديغتون الذي ظل يذكره مراراً وتكراراً كنقطة بداية لتحرياته . لقد قرر أديغتون التوسع في هذه التقنية من أجل الحصول على التفسير الحقيقي لكيفية نفي الرياضيات لمعادلة ما كان ينبغيها أصلاً .

وجد أديغتون بعد قليل أن التوسع في تقنية ديراك قد قاده إلى أرقام مميزة جداً أشهرها نسبة كتلة البروتون إلى كتلة الإلكترون هذه النسبة التي قيس تجريبياً فكانت بحدود ١٨٣٦ . وحسبها أديغتون . بواسطة جدل نظري . فكانت ١٨٤٨ . ومن الأرقام المميزة الأخرى ما يدعى بثابت البنية الدقيقة الذي يستخدم في التعبير عن البنية الدقيقة للخطوط في طيف الهيدروجين . لقد حسب أديغتون هذا الثابت فوجده ١٣٧ في حين أن القياس التجريبي أعطاه قيمة مساوية ١٣٧,٠٣٦ . وبلاحظ بالطبع التقارب ما بين هذه الأرقام .

بظهر الآن نوعان من التطورات غير الموقعة ، الأول هو حساب الأعداد من هذا النوع حيث كان الفيزيائيون يعتبرونها دوماً نتائج تجريبية . وقد قاد الوضع السابق إلى انتقاد شديد كان له في البدء أثر طيب في جعل أديغتون يحاول تعميق الأسس الفيزيائية لأفكاره ، ولكن الهجوم المستمر أقصاه عن الاصغاء لجميع الانتقادات . أما السنوات العشر الأخيرة من حياته ، ما بين عامي ١٩٣٥ و ١٩٤٥ ، فقد قضاه وحيداً يعمل بوحى أفكاره بما يرضيه ، والثاني هو الانتقاد الموجه لعدم

الاتفاق ما بين القيم المحسوبة للثواب والقيم المرصودة لها ، مما وضع أدنيغتون في وضع يتعذر التمسك به . لقد حسب أدنيغتون أعداداً هائلة من الثواب وأصر على أن قيمة المحسوبة صحيحة تماماً شرط أن يكون للتجارب نتائج مختزلة بالطريقة المناسبة . لقد كان لهذا الأمر الأكبر في الاقلال من ثقة الفيزيائيين التقليديين في طريقه .

• • •

أما بالنسبة للنظرية الكونية فكان أدنيغتون محافظاً تماماً ، فكان يفترض على الدوام أن الكون نموذج من النماذج التوسعية في النسبية العامة مع تحديد اضافي بأن هذا التوسع انطأق من حالة أينشتاين الابتدائية . إن هذا لإفتقار إلى روح المغامرة في تفاصيل النموذج ، ثم تعويضه من خلال إصرار أدنيغتون على محاولة بناء نظرية من نوع جديد .

ويبدو جلياً اليوم أن بالإمكان تأسيس نظرية قيمة من النوع الذي تصوره أدنيغتون لأن الدراسة الدقيقة لجهوده تشير إلى شيء جديد . هذه النظرية ذات صعوبات جمة حالياً لأنها يجب أن تعمل في نفس الوقت، في بنيتين نظريتين لهما تعقيدات مختلفة . ويبدو الأمر وكأن علينا أن نحل مسائل مرتبطة جزئياً بميكانيك نيوتن وجزئياً أيضاً بالنسبية الخاصة . وحيث لم يعد بالإمكان لا أن نقول بأن جميع السرع صغيرة بحيث يكون ميكانيك نيوتن دقيقاً بما فيه الكفاية . ولا أن نقول أيضاً بأن المسألة يمكن أن تصاغ بالكامل في بنية نظرية معقدة للنسبية الخاصة .

تشير هذه المناقشة الإنتباه إلى مسألة يسهم حلها في تقديم دفع كبير للتقدم في مجال العلوم الكونية . هذه المسألة هي تقرير العلاقة ما بين بنيتين نظريتين احدهما أقل تعقيداً من الأخرى أو بالأحرى ، وبصورة

أقل تفاؤلاً . تقرير العلاقة ما بين المقادير العددية في هاتين البيئتين . إذا فهمنا هذه المسألة فاننا نستطيع أن نفهم كيف يمكن الربط ما بين النسبة العامة وميكانيك الكم بحيث يكون لدينا أول في إيجاد وصف كاف للكون ككل . وبالطبع فإن ذلك صعب المنال وبالتالي فإن نظرتنا لهذا الأمر متشائمة مستقبلاً .

إن الصعوبات في علم الكون التي أشار إليها نظريو الحالة الثابتة هي في الحقيقة أكبر كثيراً مما افترضوا . أما الجدل في صالح نظرية الحالة الثابتة فهو أنه إذا لم تكن نظرية الحالة الثابتة صحيحة فإن علوم الكون ستكون أشد تعقيداً لأننا لا نعلم كيف تتغير القوانين الفيزيائية بين أرجاء الكون وليست هنالك أية صعوبة في إعادة صياغة ذلك بواسطة البنى التجريدية لهذا الفصل ، ولكن الصعوبة الآن تتجلى أكثر في وضع نظرية شاملة . سواء افترضنا صحة نظرية الحالة الثابتة أم لا . وفي الحقيقة فقد انخفضت معقولية هذا الافتراض في السنوات الأخيرة بسبب النتائج التجريبية ، على الرغم من أننا ما نزال نأمل بأن ذلك سيتغير وفيما لو اعتبرت نتائج الملاحظة جزءاً من نظرية شاملة . أو أننا بحاجة لأكثر من نظرية شاملة . فمن غير المنطقي افتراض وجود نظرية شاملة واحدة تستطيع الجمع ما بين مختلف النتائج التجريبية على تنوعها . أما إذا كانت هنالك أكثر من نظرية شاملة واحدة فإن مسألة الربط ما بين هذه النظريات التي لا تشكل أجزاء نظرية شاملة تعد أمراً معقداً .

وتتناول نظريات ديراك وأدينغتون ذلك بصورة عامة . فهي تتعارض مع الفيزياء التقايدية بطريقة أو بأخرى . ولإعادة التوازن ، وبدلاً من أن نستنتج من النظريتين ما يمكن أن يتم شرحه في إطار فيزيائي تقليدي . سنصطنع تغيرات مختلفة إلى حد ما في وجهة النظر حول طبيعة المادة في الكون .

## الروابط في الفيزياء الاصلية :

لا توصانا أولى هذه الروابط ، كما يبدو إلى أية نتيجة مرجوة والذالك فسأتي على ذكرها باختصار لأنها تظهر مقدار الحرص الذي يجب أن يتحلى به المرء عند التحقق من فرضياته . إنها مسا يدعى « بالكون الكهربائي لبوندي ولتيتون » R A Ly-ttel-ton and Bondi التي صاغها عام ١٩٦٠ ، وكان ليتتون بصورة خاصة مهتماً بمسألة توسع الكون . وقد طرح السؤال التالي متعجباً : لماذا يوجد حركة تراجعية سائدة في كتلة ثقافية يتوقع منها أن تنهافت على نفسها . وبدأ لها كما لو أن هنالك قوة تنافر سائدة ومن خلال البحث عن هذه القوة يتجه ذهن المرء طبعاً نحو القوة الكهربائية بين شحنتين لها إشارة واحدة .

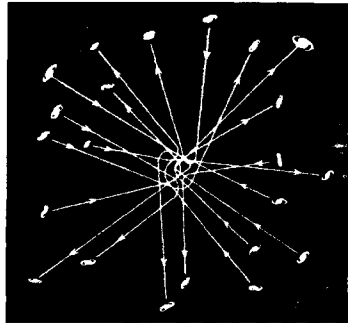
إن هنالك بلا شك قدراً كبيراً من الشحنة الكهربائية في الكون لأن المادة كما نعلم مؤلفة من بروتونات وإلكترونات ونيوترونات . إن النيوترونات بالطبع جسيمات معتدلة ولكن تأثير الشحنة على الجسيمين الآخرين يعدل تماماً لأن الشحنة على البروتون موجبة ولها نفس مقدار الشحنة السالبة على الإلكترون . حيث أن الشحنات على البروتونات تنفي أثر الشحنات على الإلكترونات .

يقدم ميكانيك الكم الدليل على أن أي الكترونيين هما متشابهان تماماً ولكن ذلك يعد مظهراً غريباً لجميع قطع البناء الأساسية في المادة . وهو أن تمتلك أي قطعتين من نفس النوع هذا التشابه الكبير والغريب ويعبر عن ذلك أحياناً ، بالقول أن الجسيمات الأساسية يمكن أن تميز بسبب امتلاكها قدراً محدوداً من المكونات . بالطبع هنالك منغلق نستطيع فيه أن نقول إن أي كرتين للمضرب متشابهتان . ولكننا نعام أننا إذا

أخذنا كرتين يقبلهما أي فريقين ويعتبر أنهما مناسبتين لاجبة فأننا منجد وعبر التحليل الدقيق بما فيه الكفاية بعض الفروق بينهما . إنهما تمكنا نفس الكتلة ولكن إلى حد معين من الدقة . ولا يعني ذلك أننا إذا قمنا بقياسات دقيقة للكتلة لن نجد فرقاً ، ربما كان ضئيلاً بمقدار جزء من المبلغرام مثلاً . وبغض النظر فإن هنالك اختلافات دقيقة في القساوة وفي اللون وهكذا .

إن المسألة في حالة الإلكترونات ( أو في حالة الجسيمات الأولية الأخرى ) مختلفة تماماً ونستطيع بمقارنة كتلتي الكترونين أو شحنتيهما أن نستنتج شيئاً مشابهاً لما استنتجناه بالنسبة لكرتي المضرب إن لدينا في ميكانيك الكم طرائق مختلفة للتجارب . فاما كان الإلكترونات متشابهين تماماً فإن العجاة لن تتغير إذا ما استبدلنا الكترونين ببعضهما وسيعطيني ذلك ، ضمن ظروف مناسبة ، طاقة اضافية ندعوها « طاقة الاستبدال » مما يسهم في تفاعلات كمية مميزة . أما إذا كان الإلكترونان متشابهين بصورة تقريبية فقط فإن امكانية الاستبدال متخففي .

البروفسور هانس ألين الذي طور أفكار كلاين الكونية ووضعها في نظرية لا تعتمد على نظرية الحالة الثابتة أو على نظرية الانفجار الكوني الأعظم إن غيبة من المادة المنتشرة تسقط بجمعها لتصور حول مركز الكتلة في مدارات لها شكل قطع مكافئ ثم لا تلبث أن تنتشر من جديد . ربما كنا الآن فربح طور التوسع .





إن هنالك جدلاً فيما إذا كان مقدار شحنة البروتون مساوياً تماماً لمقدار شحنة الإلكترون وفي الحقيقة . فقد لاحظ ثيلتون أنه لا يوجد هنالك برهان دافع حول ذلك . إن البرهان في هذه الحالة له نفس نوع البرهان الذي رأيناه في حالة كرات المضرب أي أنه خاضع للخطأ التجريبي وبالتالي افترض بوندي وثيلتون أن الشحنة على البروتون لا تساوي وتعاكس تماماً الشحنة على الإلكترون ويتج عن ذلك أنه في قطعة معتدلة من المادة لا بد أن تتواجد بعض الشحنة المتبقية تظهر بسبب أن شحنات الإلكترونات لا تعادل تماماً بشحنات البروتونات . إن زيادة مقدار إحدى الشحنتين عن الأخرى سيسبب تنافراً وقد عزا بوندي وثيلتون توسع الكون إلى قوة التنافر هذه .

لقد تبين وبصورة مدهشة أن مقدار زيادة إحدى الشحنتين على الشحنة الأخرى بهدف تأمين التوسع المقاس للكون ويهدف لتليل ظاهرة الأشعة الكونية الملاحظة كان أدنى مما لوحظ في المختبر وبذلك تكون هذه النظرية مثلاً صارخاً يظهر كيف أن افتراضاً غير عادي يمكن أن يقود إلى نظرية مختلفة ، بصورة ملحوظة . ولكن منذ عام ١٩٦١ أجريت الكثير من القياسات الحريصة بحثاً عن أية شحنة زائدة متواجدة على البروتون أو على الإلكترون وقد اصطنعت هذه القياسات للتحقق من هذه النظرية . وبسبب الإهتمام العام بذلك . يبدو الآن وكأن هذه الشحنة الزائدة ضئيلة جداً ، فهي غير قادرة على جعل نظرية ثيلتون — بوندي محققة .

إن النظرية التي سنوردها الآن أكثر طموحاً من نظرية بوندي وثيلتون. تعود هذه النظرية بالأصل إلى أوسكار كلاين «Oskar Klein» ولكنها طورت إلى حد كبير من قبل هانس آلف فين

- Hans Alf Ven - وسواء قدمت هذه النظرية الحل لجميع المسائل الكونية كما توقع لها كلاين وآلف فين أم لم تقدم فإنها تظل أمراً مشكوكاً فيه . لقد اهتمت هذه النظرية كثيراً في اظهار امكانية بناء نظرية مختلفة تماماً عن نظرية الانفجار الكوني الأعظم ومختلفة أيضاً عن نظرية الحالة الثابتة ضمن إطار تقليدي .



عندما تصل بلازما الشمس وهي الغاز المتأين الصادر عن الشمس ، إلى الأرض فإنها تتفاعل مع طبقات الغلاف الجوي الرقيقة ويتشكل الشفق القطبي . إذا كانت الشمس مكونة من المادة المضادة فإن القمر سيكون أشد لمعاً مما هو عليه الآن بسبب الفناء المتبادل لمادة وعندها

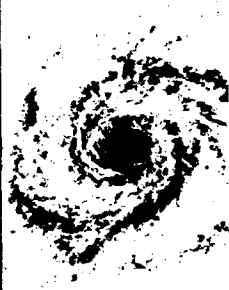
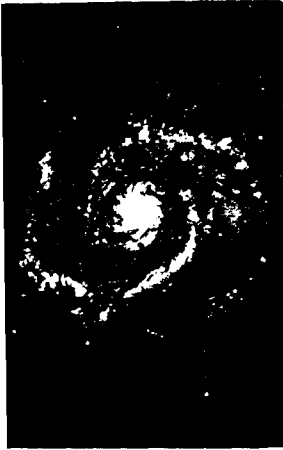
يعتمد أساس هذه النظرية ، في جوهره ، على فكرة المادة المضادة وهو أمر معروف في ميكانيك الكم منذ سنوات عديدة وتقول هذه الفكرة بأن لكل جسيم جسيماً متناظراً يسمى الجسيم المضاد . فإذا كان الجسيم الأصلي مشحوناً فإن مضاده مشحون أيضاً بشحنة ذات إشارة

معاكسة وعند دمج الجسيم مع مضاده فإنهما يتفانيان محررين قدرأ هائلاً من الطاقة إن قوانين الكم حسبما نرى في تناظر تام مع ما يعرف بالمادة والمادة المضادة ومن ناحية أخرى فإن العالم الذي نعيش فيه يتألف بمعظمه من المادة .

إن من الصعوبة بمكان الحصول على المادة المضادة تجريبياً بصورة محلية على الرغم من وجود بعض النجاحات حيث أمكن الحصول على البوزيترون وهو عكس الإلكترون عام ١٩٣٠ من قبل أندرسن « C.D.Anderson » كما أمكن الحصول على البروتون المضاد أيضاً قبل عقدين من الزمن . إن تجارب كهذه هي في الحقيقة تجارب صعبة الإجراء وذلك بسبب ضرورة الحصول على الجسيمات المضادة بعيداً عن متناول المادة العادية لأن الجسيمات المضادة تفتى حالما تصادف المادة العادية مصدرة قدرأ من الطاقة . كما ذكرنا من قبل . إن لدينا تناقضاً ظاهرياً وهو أن القوانين الفيزيائية متناظرة بالنسبة للمادة وضدها في حين أن كوننا إذا ما اعتبرنا ما نشاهده في جوارنا المباشر غير متناظر أبداً .

قبل أن نطلع على آراء كلاين وآلف فين فيما يخص المادة المضادة سنطلع على رأيهما حول توسع الكون بغض النظر عن سبب هذا التوسع . يظن في الغالب وبسبب ابتعاد جميع السدم عنا بسرعة متناسبة مع المسافة بأن هنالك حادثة وحيدة للخلق ابتدأت بسببها هذه السدم بالابتعاد ( مالم يناقش هذا الأمر وفقاً لفرضيات الحالة الثابتة ) . ومهما يكن فإن مثل هذا الظن غير واقعي فعندما يقيس المرء عدداً من السدم على مسافات معينة وذات سرع معينة فسيجد بأن السرعة لا تتناسب تماماً مع المسافة وإذا أجرينا الحساب على السدم عندما كانت قريبة منا ( بما يوافق

حادثة وحيدة ) فلن نحصل على نفس القيمة تماماً من أجل كل المجرة . وفي الحقيقة فعندما يدرس المرء أرقام الحساب يجد من الرصد أن من الممكن لسديمين مختلفين أن يكونا فعلاً في منطقتنا المحلية ولكن بفاصل زمني قدره مئود عشرة ملايين سنة . وهكذا فان هذين السديمين ليسا بالضرورة قريبين من بعضهما ، وليس بالضرورة أيضاً وجود حادثة وحيدة . وبعبارة مختصرة ، فعلى الرغم ، أنه من الصحيح أنه من حادثة وحيدة يمكن استنتاج قانون هابل فان الاشتقاق العكسي غير ممكن وكمثال على تفسير آخر لقانون هابل يستطيع المرء أن يتصور كتلة كبيرة من الغاز ابتدأت بالتقلص تحت تأثير جاذبها الثقالي الخاص . وعند استمرار التقلص تشكل تكثفات محلية ، هي السدم . هذه السدم تتحرك بصورة نسبية إلى بعضها في مدارات لها شكل قطع مكافئ ثم لا تلبث أن تبعد من جديد وبغض النظر أيضاً عن مسألة تناظر المادة مع ضدها فان كلاين وآلف فين لا يعتقد ان بضرورة صحة نظرية الانفجار الكوني الأعظم أو نظرية الحالة الثابتة .



كم من الكون يتألف من المادة أي من الكثرونات وبروتونات بصورة أساسية وكم منه  
 يتألف من المادة المضادة التي تتألف من بوزيترونات وبروتونات مضادة ،  
 وبإستثناء الشمس والقمر وما قرب منا من الكواكب فلا توجد وسيلة  
 لتحمين ذلك وفي الحقيقة فمن المنطقي أن يفترض المرء بأن الكون  
 بمجمله متناظر . وقد تكون السدم المرئية مكونه من المادة أو  
 المادة المضادة . لقد تم تمثيل ذلك بصورة  
 رمزية في هذه الصورة بالتصوير السالب  
 والموجب لأحد السدم الحلزونية

١. إن هنالك سؤالاً يطرح نفسه فيما إذا كانت هنالك سدم معينة أو حتى نجوم خاصة في مجرتنا يمكن أن تكون مؤلفة من المادة أو من ضدها. حسب وجهة النظر التي تقول بوجود التناظر التام ما بين الجسيمات والجسيمات المضادة فإن معظم خواص المادة ستناظر خواص المادة المضادة وعندما يتحد على سبيل المثال عدد كبير من ذرات الهيدروجين المضادة (أي الذرات المؤلفة من البروتون المضاد في المركز والإلكترون المضاد في المدار) مع عدد مناسب من ذرات الأكسجين المضاد فإن ذلك يعطي الماء المضاد الذي يتجمد في درجة الصفر ويغلي عند الدرجة مائة ولا نلاحظ أي خلاف بينه وبين الماء العادي ما لم يتلامسا. إذا حدث مثل هذا التلامس يحدث حينئذ انفجار كبير. وهكذا فمن الممكن أن توجد نجوم مضادة anti Stars تعطي قدراً مسن الإشعاع مماثل لإشعاع النجوم ولا نملك أية وسيلة للتمييز بينها وبين النجوم بواسطة اشعاعها.

يستحسن في هذا الموضع ذكر المزيد حول هذا الموضوع لأن فضاء ما وراء النجوم ليس خاوياً تماماً بل أن هنالك بلازما رقيقة تسقط من الفضاء المحيط على بعض النجوم وتخرج من بعض النجوم نحو الفضاء وإذا تواجدت نجوم مضادة فستكون هذه المضادات مؤلفة من المادة المضادة وسيكون هنالك احتمال للتفاعل. كم من الكون نستطيع أن نقول بصورة مؤكدة أنه مؤلف من المادة؟ نحن نعلم بالتأكيد أن الأرض والقمر مؤلفين من المادة. تصدر الشمس بلازما تصل إلى الأرض وتسبب الشفق القطبي — Aurora borealis — فإذا كانت البلازما مؤلفة من المادة المضادة فإن لمعان الشفق القطبي الشمالي سيساوي حوالي ألف ضعف لمعانه الحالي. كما أن هذه البلازما تصل أيضاً إلى عطار

والزهرة والمريخ التي لا نرى فيها أية ظواهر فناء واضحة وبالتالي فان هذه الكواكب مؤلفة من المادة . أما بالنسبة للكواكب الخارجية فليس لدينا في الحقيقة أي دليل على الإطلاق .

أما ما نتوقعه إذا ما كانت بعض مناطق الكون تتضمن المادة وبعضها الآخر يتضمن المادة المضادة فهو وجود منطقة بين المنطقتين السابقتين تتفاعل فيها البلازما من المنطقة الأولى مع البلازما من المنطقة الثانية مما يسبب اشعاعاً مستمراً . ويمكن أن يرتبط ذلك بالأشعة الكونية ، وبالشروط التي يتوقع المرء وجودها في الفضاء بحيث أن نصف الطاقة المحررة ، وبصورة تقريبية ، يمكن أن تكون على شكل نترونات وثلاثها على شكل أشعة غاما وسدسها على شكل أشعة راديوية . ونجد بوضوح أن طرق الرصد التي ناقشناها في الفصول السابقة تكون لها الأهمية البالغة في تقرير فيما إذا كان مقدار هذه الإشارات متفقاً مع الفناء من هذا النوع المقترح وكما قلنا سابقاً فان الكشف عن الترتينات هو أمر عسير وكذلك الأمر بالنسبة لأشعة غاما ، ولهذا السبب فان الأشعة الراديوية ، على الرغم من أنها الأنلر ، تعد مصدر البرهان الأكثر احتمالاً .

نأتي الآن إلى مسألة تناظر الكون ، نستطيع تحقيق متطلبات التناظر بطرق عديدة مختلفة فاما أن نفترض أن المادة المضادة موجودة في منطقة بعيدة جداً وأن جميع ما نرصده مؤلف من المادة أو أن نفترض أن الكون الملحوظ متناظر ، أي أن لكل سديم سديم آخر مؤلف من المادة المضادة . ويمكن أن بظن التناظر ، من ناحية أخرى ، في داخل مجرتنا وفي كل مجره . ونحن هنا أمام خيارين : فاما أن يكون الجزء البعيد من مجرتنا مؤلفاً من المادة المضادة أو أن جميع النجوم

الواقعة في جوارنا مؤلفة من المادة المضادة . ولا يمكن التحقق ، حتى من النوع كبير التناظر ، بواسطة الرصد في الوقت الحالي . وإذا كان ألمع النجوم التي نراها وهو الشعري اليمانية مؤلفاً من المادة المضادة فليست لدينا أية وسائل لاكتشاف هذه الحقيقة أو البرهان عليها إذا لزم الأمر .

لقد حان الوقت الآن لمناقشة الرأيين المنفصلين لكلارين وآلف فين Kleim and Alfvén لقد بنيا علم الكون الخاص بهما على مبدئين رئيسيين :

١ - لا يجب أن تفترض قوانين طبيعية جديدة.

٢ - إن هنالك تناظراً ما بين المادة وضدها . وبسبب عدم وجود قوانين طبيعية جديدة شعرا بأن مناقشة حادثة الخلق الوحيدة مستحيلة ، فابتداء بمناقشة مسألة غيمة الغاز شديدة الانتشار التي تكثفت مشكلة السدم ، هذه السدم التي تتحرك بتأثير جذبها الثقالي ثم تتراجع أخيراً . ومهما يكن من أمر فإن تحليلاً أكثر تفصيلاً لهذه الطريقة على أساس التناظر ما بين المادة وضدها سيقود إلى قدر كبير من الفناء ولا بد أن يتدخل شيء ما لإنقاذ الوضع وهذا الشيء هو المقدار الكبير من ضغط الإشعاع الناشئ من عملية الفناء . إن ضغط الإشعاع هذا يسبب انفجار المادة بأكثر من طريقة فيما إذا لم يتواجد .

إن التحليل بالطبع صعب جداً وقد أنجز بصورة تقريبية . كما أن كلاين وآلف فين مبالغين للتفاؤل حول الطريقة التي تلائم الظواهر الملحوظة وبصورة خاصة سرعة التراجع وارصاد الأشعة الكونية ، بالإضافة إلى الإشعاع واصدار التريونات وهكذا . ومهما كان مصير



هذه النظرية في المستقبل ، فيما إذا أظهرت الأرصاد امكانية تبريرها أم لا ، فإنها تشكل مثالا مدهشا للاختيار ما بين طريقتي التذكير هاتين من جهة . وأية نظرية من النظريات التي وصفناها في السابق في هذا الكتاب . إننا نحتاج لمزيد من الأرصاد من أجل هذا الاختيار . إن عملية الأرصاد بحد ذاتها تعلمنا الكثير ، كما نأمل حول بنية وسلوك الكون بجممله .

• • •



## بعض المصطلحات العلمية الواردة في الكتاب

### Acceleration التسارع :

وهو معدل تغير سرعة الجسم سواءً بالمقدار أو الاتجاه . وتنص قوانين نيوتن على أن التسارع متناسب مع القوة المؤثرة في الجسم ويدعى ثابت التناسب بالكتلة . إن تساوي القوة مع جداء الكتلة بالتسارع صحيح فقط بالنسبة لمجموعة مراقبين يتحركون بانتظام بعضاً بالنسبة لبعض ويحددون مجموعة من المراجع العطالية ، وترتبط هذه الاعتبارات الميكانيكية عند إعادة صياغتها بدلالة الطاقة ببقية الفيزياء . وفي الحقيقة فإن بعض التعديلات لا بد أن تجرى عندما تؤخذ الخواص الغريبة لسرعة الضوء بالاعتبار مما يسدعو لظهور التسمية الخاصة - Special Relativity - . وعندما تأتي الطاقة على شكل مقادير أو كميات صغيرة بصورة غير مستمرة ، يتحدث المرء حينئذ عن نظرية الكم . أو عن تكمية النظرية .

### Arrow of time محور الزمن :

وهو اتجاه تقدم الحوادث مما يعلل عدم عكسية بعض القوانين الفيزيائية ، كانتشار الموجات على سطح الماء أكثر من تلاقيها .

### Baryon باريون : راجع Elementary par-ticles :

### Big bang : الانفجار الكوني الأعظم :

أعطيت هذه التسمية إلى النظرية التطورية لأصول الكون . وتصف

التسمية أيضاً الشروط الابتدائية للنموذج التطوري للكون . إن مقدار المادة وفقاً لهذه النظرية يبقى ثابتاً على الرغم من كونها ذات انضغاط عالٍ جداً في البدء .

### Black body Radiation اشعاع الجسم الأسود :

اشعاع حراري يتجول بانعكاسات متوالية ضمن وعاء موحد في حالة توازن حراري معه ، أي توازن لا ينطوي على إصدار إشعاعي ولا امتصاص .

إن هذا الوضع النظري قاد ماكس بلانك إلى افتراض نظرية الكم ( quantum theory )

### Black Hole الثقب الأسود :

وهو النجم الذي تنافى على نفسه إلى أبعد مما يعرف بالنجم التروني neutron star بحيث أن جميع كتلته تجمعت في داخل ما يعرف بنصف القطر الخارج Critical radius - أما الاستبدال على وجوده فيمكن أن يتم فقط بوساطة الحقل الثقالي القوي الذي يسببه والذي لا يسمح بفرار الإشعاع منه .

### Cepheid النجم المتحول أو الخافق :

وهو نجم ذو لمعان متغير حيث يمكن تعيين لمعانه المطلق من فترة تغير هذا اللامعان . إن مقارنة اللامعان المطلق مع اللامعان الظاهري تجعل من النجوم المتحولة مقاييس يستخدمها الفلكيون في حساب بعد النجوم .

### Cosmological Principle المبدأ الكوني :

لقد أعطي هذا الاسم إلى نقطة البدء الأساسية في علم الكون وينص

على أن أية نقطة من هذا الكون تماثل إلى حد كبير النقاط الأخرى ،  
( فيما لو أخذنا متوسط منطقة ممتدة بما فيه الكفاية ) .

وقد عم نظريو الحالة الثابتة - Steady state - هذا المبدأ إلى مبدأ آخر عرف باسم المبدأ الكوني التام الذي ينص بالإضافة إلى المبدأ السابق على أن الزمن يماثل وإلى حد كبير أي زمن آخر .  
هذه المبادئ مرتبطة بصورة واضحة بمحور الزمن : arrow of time ؛  
وفي حين أن المبدأ الكوني لا يتعارض بصورة عامة مع توسع الكون من حالة ابتدائية واحدة فإن المبدأ الكوني التام عليه أن يستخدم محور الزمن ليظهر أن الخلق المستمر وليس الفناء هو ما يحدث .

#### Critical radius نصف القطر الحرج :

تنبأ النظرية النسبية لأينشتاين بأنه اذا ما تعجمت مجمل كتلة جسم ما ضمن كرة ذات نصف قطر أدنى من نصف قطر معين (وتعرف بكرة شفارتس شيلد أيضاً - Schwartz Schild Sphere - ) فلا يستطيع حيثذ أي ضوء أو أية إشارة راديوية الفرار من حقلها الجاذب ويختلف نصف القطر الحرج هذا تبعاً لكتلة الجسم . راجع أيضاً الثقب الأسود - Black hole -

#### Doppler effect مفعول دوبلر :

وهو تغير تواتر الموجات الكهرومغناطيسية أو الصوتية الملحوظ من مصدر متقدم أو متراجع . ويشبه ذلك ازدياد حدة صفير قاطرة متقدمة عندما تعبر بجانب مراقب معين وتناقص هذه الحدة لدى ابتعادها عنه . وهكذا فإن الضوء القادم من مجرة متراجعة ذو تواتر متناقص . راجع Red Shift .

### Eclip-tic الدائرة الظاهرية لمسير الشمس أو دائرة الكسوف :

وهو الاسم المعطى لمسار الشمس الدائري بالنسبة للأرض . وأمام خلفية من النجوم . ( إن النجوم بالطبع تكون غير مرئية عندما تكون الشمس ساطعة ، ولكن المرء يستطيع أن يقدّر وضع الشمس التقريبي بعد الشروق أو قبل الغروب بقليل وهكذا فقد تمّ تعيين مسار الشمس ورسمه يوماً بيوم منذ ألف سنة قبل الميلاد .

### Electron الإلكترون : راجع Elementary particle

#### Elementary particle جسيم الأولي :

وهو اصطلاح مبهم نوعاً ما ويشير إلى قطع البناء المختلفة المكونة للمادة ويشير أيضاً إلى ما ينتج من تفاعل هذه القطع مع بعضها . لقد اكتشف في أوائل هذا القرن أن ذرة الهيدروجين تتألف من نواة ثقيلة ذات شحنة موجبة هي البروتون ومن جسيم خفيف مشحون سلباً يدور حولها هو الإلكترون وقد وجد في الذرات الأكثر تعقيداً جسيمات غير مشحونة تشبه البروتون وتتواجد في النواة أيضاً وهي النيوترونات . لقد جعلت نظرية ديراك ما ذكرناه منسجماً مع النسبية الخاصة Special relativity ومع نظرية الكم quantum theory حيث تنبأ هذه النظرية بوجود جسيمات أخرى بحيث أن لكل جسيم جسيماً يساويه في الكتلة وبخلافه في الشحنة وينظر الإلكترون ، في هذه الحالة ، البوزيترون كما تنبأ أيضاً بأن قدرأ كافياً من الطاقة يمكن أن يشكل هذا الثنائي المذكور أي البوزيترون والإلكترون . إن النظرية النسبية الخاصة تنبئ أيضاً بوجود جسيمات معلومة الكتلة أهمها التريينو . عندما تتفاعل هذه الجسيمات المختلفة تنتج جسيمات أخرى ذات أجال

قصيرة بلقي وجودها بأعداد كبيرة ظلالة من الشك ، فيما إذا كانت هذه الجسيمات أولية أم لا . إن بعض هذه الجسيمات خفيف كخفة الإلكترون وبعضها من رتبة ثقل البروتونات وتدعى باريونات . ونظراً لأن الباريونات تحمل تقريباً كل المادة فإن عددها يبقى ثابتاً في أي تفاعل . ولما كانت هذه الجسيمات أولية بالافتراض فقط فقد لا تكون أساسية ( كما هو الحال بالنسبة للذرات ) . وقد وضعت نظريات تقول بأنها مكونة من كيانات أدنى تدعى « كواركات - Quarks » ولكن هذه الكيانات لم تعزل حتى الآن وتكتشف .

### Energy الطاقة :

مقدار فيزيائي يعبر عن العمل الذي قام به الجسم بسبب موقعه « الطاقة الكامنة » أو بسبب حركته « الطاقة الحركية » إن سيارة تقف على عتبة وبجالة التوازن وبسبب تطبيق قوى الكبح عليها تمتلك طاقة كامنة وعندما تزال قوى الكبح تلك تمتلك طاقة حركية تزداد بازدياد السرعة .

### Galaxy مجرة :

تجمع كبير من النجوم النائية بما يشبه مجرتنا درب التبانة بصورة عامة ولكنه مستقل عنها وهناك الملايين من المجرات في الكون المرصود وإن أبعد المجرات تمتلك طيفاً متزاحاً نحو النهاية الحمراء لاطيف بمقدار وجد أنه متناسب مع المسافة راجع Red shift .

### General relativity النسبية العامة راجع : relativity

### (Gravitational Field) - (Gravitation) الحقل الثقالي ، الثقالة :

وهو التأثير عن بعد ، ( مفترضين وجود قوة ما بين الجسمين

المتجاذبين ) ونجد من الأنسب التعبير عن ذلك بوضع أحد الجسمين في حقل قوة الجسم الآخر ، يشار إلى هذا الحقل بالحقل الثقالي .

Iner-tial frame of reference المرجع العطالي : راجع acceleration

Kinetic Energy الطاقة الحركية : راجع Energy

Light year السنة الضوئية :

وهي المسافة التي يقطعها الضوء خلال سنة واحدة حيث يمتلك الضوء سرعة مقدارها ١٨٦,٠٠٠ ( ٣٠٠ ألف كيلو متر / ثانية )  
ميل بالثانية ويكافئ ذلك ستة ملايين مليون ميل أي  $6 \times 10^{12}$

Mass الكتلة :

عندما نطبق قوة على جسم فإنها تحدث له تسارعاً يتناسب مع القوة ويدعى ثابت التناسب بالكتلة .

Maah's Principle مبدأ ماخ :

وهو تمديد مراجع عطالية ، داخلية ، ومحلية  
- Internal Frames of reference - حسب توزع المادة البعيدة .

Nebula سديم :

وهو سحابة من غاز منتشر في درب التبانة أو خارجها . أو هو نظام نجمي منفصل على مسافة بعيدة .

Neutrino راجع Elementary particle النترينو :

Neutron النوترون راجع Elementary particle

Neutron Star : راجع النجم Star



Elementary Particle pair - Creation : راجع تخلق الأزواج :

Particle accelerator : مسرع الجسيم

وهو عبارة عن آلة الغاية منها تسريع تيار من الجسيمات الأولية - elementary particles - كالبروتونات إلى سرعة قريبة من سرعة الضوء ومن ثم توجيه حزمة الجسيمات نحو هدف معين كصفحة فوتوغرافية بقصد ملاحظة التفاعل الحاصل ما بين الجسيمات. إن عملية التسريع هذه تتم عادة على مسارٍ دائري كبير باستخدام حقول كهربية .

Planet : الكوكب :

ويتبع نجماً معيناً وبصورة خاصة الشمس أما ما يسمى بنجمة الصبح Morning star أو نجمة المساء evening star فهما في الحقيقة عبارة عن كوكب الزهرة ، وهو « مصباح » من المادة الباردة ، كالقمر تعكس أشعة الشمس . وفي الحقيقة فقبل أن يستطيع الجسم اللامع من تلقاء نفسه يجب أن يكون ذا كتلة كبيرة بما فيه الكفاية ( حوالي مائة ضعف كتلة المشتري أو  $1/8$  كتلة الشمس ) .

positron : راجع Elementary particle

Energy : الطاقة الكامنة : راجع po-tential

Pro-ton : بروتون : راجع Elementary Particle

Pulsar : النجم النابض :

وهو جسم صغير جداً يصدر اشعاعاً محدداً تردده مرتفع ويحدث ضمن فترة زمنية أدنى من أو يساوي الثانية وبشكل منتظم . إن معظم النجوم النابضة التي تشكل ظاهرة مكتشفة حديثاً تقع ضمن المجرة .

quasar : الكوازار :

وهي اختصار لعبارة quasi - Stellar radius source ويعني ذلك مصدر راديوي شبه نجمي وهو صنف من الأجسام السماوية المكتشفة حديثاً التي يمكن أن تصنف حسب انزياح طيفها نحو الأحمر بحيث يظن بأنها واقعة على مسافة شاسعة .

quantum Theory - quantization : التكمية ونظرية الكم :

Acceleration راجع

quark « كوارك » : راجع Elementary particle

Radiation : الإشعاع :

وهو اسم شامل لجميع الاصدارات عبر الفضاء الخالي من اشارات لها نفس سرعة الضوء . إن الإشارات الراديوية والأشعة السينية لهما أهمية خاصة تختلف عن الضوء العادي بطول الموجة فقط . إن طيف الاشعاع يتميز بما يحويه من أطوال الموجات المختلفة . ويمتد الطيف المرئي من الأحمر ( طول موجة كبير ) وحتى البنفسجي ( طول موجته قصير ) ويطلق على الإشعاع الذي يلي الطيف المرئي بكلا الاتجاهين تحت الأحمر وفوق البنفسجي ، وبالإضافة إلى الإشعاع الكهرطيسي الذي وصفناه تؤكد التجارب الحديثه وجود الإشعاع الثقالي .

Red Shift الانزياح نحو الأحمر :

وهو انتقال الخطوط الطيفية لنجم أو مديم نحو النهاية الحمراء للطيف بسبب مفعول دوبلر ( عندما يتعد الجسم عن المراقب ) .

## Relativity : النسبية :

ناقشت نظرية النسبية الخاصة لأينشتاين منذ عام ١٩٠٥ سلوك كل من الضوء والطاقة والمادة في حالة خاصة يتحرك المراقبون فيها بسرعة ثابتة ويخط مستقيم بالنسبة لبعضهم . إن حالة وجود مراقب متسارع ، النسبة لمراقب آخر قد تم تغطيتها في النظرية النسبية العامة عام ١٩١٦ لتي درست الثقالة بما يتفق مع النسبية الخاصة .

SchwarzSchild Sphere راجع Criticalradius

Special Relativity النسبية الخاصة

spectrum : الطيف : راجع radiation

## star : النجم :

كثافة هائلة من الغاز ذات درجة حرارة مركزية كبيرة بما فيه الكفاية لتسريع العمليات النووية التي تنتج اشعاعاً ذا أشكال مختلفة من الطاقة . وحتى قبل معرفة الآلية الدقيقة لهذا التفاعل اقترح أدنيتون علاقة نظرية ما بين كثافة النجم و سطوعه وقد تم رصد نجوم مختلفة الكتل متغيرة الخصائص ولكن نوعاً واحداً من النجوم وهو الأقزام البيضاء « White dwaf » لم يحقق علاقة الكتلة بالسطوع ويشأ بأن هذه النجوم في نهاية حياتها أما كون سطوعها ناتجاً عن بقايا الهيدروجين المتخلف في مناطقها الخارجية فهو أمر يحتاج للبرهان وبدلاً عنه راحت الآن فكرة التقلص الثقالي وهو أن الطاقة الكامنة تنحصر بارتصاص النجم . وفيما لو كانت الأقزام البيضاء من هذا النوع أم لا فان مثل هذه الطريقة لا بد أن تحدث . كما أن الكثافات الداخلية العالية تسبب

اتحاد الإلكترونات مع البروتونات مشكّلة التتروونات ، وبهذه الطريقة  
يمكن أن يتشكّل النجم التتروني .

#### Steady state cosmology علم كون الحالة الثابتة

وهو النموذج الكوني الذي وضعه بوندي وغولد وهويل . حيث  
يفترض بأن الكون بمدها المتسع كان دوماً كما هو الآن . أما ما يحدث  
فيه من توسع مبرهن عليه فهو نتيجة لخلق المادة المستمر .

White dwarf. القزم الأبيض راجع : Star

# فهرس

٥	المقدمة
٧	الخلفية الرصدية
٢٧	مقياس الزمن
٣٠	المكان والزمان من عصر اليونان إلى عصر نيوتن
٣٠	تجوال النجوم والفلسفات القديمة
٤٢	تقدم النظريات السببية
٥٥	التطور بعد نيوتن
٦٣	ما وراء النظام الشمسي
٧١	المعلومات المستقلة بواسطة الضوء
٧٥	الضوء
٨٢	النسبية
٩٦	علم الميكانيك ونظرية النسبية
١٠٠	الثقالة
١١٣	نظريات كونية منافسة
١١٥	كون آينشتاين

١١٧	كون دي سينر
١٢٠	التحقيق التجريبي
١٢٨	مفارقة اولبرس
١٣٢	المبدأ الكوني التام
١٣٧	نظرية هويل
١٩٣	المقدّم الماھي الأخير
١٤٧	الأرصاء ونظرية النسبية العامة
١٥٦	دلائل من الرصد العملي
١٦٦	مصادر الإشعاع
١٧١	النجوم النابضة
١٨٠	دليل غير قاطع
١٨٣	المقدّم القادّم
١٨٥	المقارنة بين النظريات
١٩١	علم القلک الترتینوي
١٩٦	علم القلک السیني
٢٠١	الثقالة
٢١٧	نظريات كوفية غير عادية
٢٢٠	نظريات ثلاثة متطرفة
٢٢٩	الروابط في الفيزياء الأصولية
٢٤١ - ٢٥٠	بعض المصطلحات العلمية الواردة في الكتاب













تلك كانت وما تزال نقطة العقل العلمي الى الكون منذ ايام الاغريق الى ايامنا . انه مجموعة قوى اطارها العام زمني - مكاني . والاطار هذا بنيان ذاتي مرتبط جوهرنا بالقوى يتبدل بتبدلها وتبدل بتبدله . فالسؤال المطروح كان وما يزال ما الزمان والمكان ؟ ما طبيعة هذه القوى ؟ الاجوبة كثيرة يمكن ردها الى ثلاثة هي بمثابة ثلاث مراحل لتطور نظرنا الى الكون : جواب بطليموسير - جواب نيوتن - وجواب انشتاين . والتقدم الكبير الذي حصل مع انشتاين هو ان القوى الكونية ، طاقت كانت ام اشعاعات ، ليست قائمة بذاتها بل كل منها بالنسبة الى الاخر . وكذلك الزمان - المكان . فاي تبدل في اي جزء من اجزاء الكون يدل معه توازن القوى الكونية وبنائها .

والسؤال الذي سيجي معلقا الى ما شاء الله هو : هل يستطيع العقل ان ينفذ حقا الى طبيعة الكون ؟ التقدم مستمر بعد انشتاين وغيره وتبقى طبيعة الكون مع ذلك لغزا . وهذا الكتاب يرسم بانجاز وبلغة علمية سهلة ما حققه العقل العلمي على طريق معرفتنا للكون الذي نعيش فيه .

الطبع وفرز الألوان في مطابع وزارة الثقافة

دمشق ١٩٩١